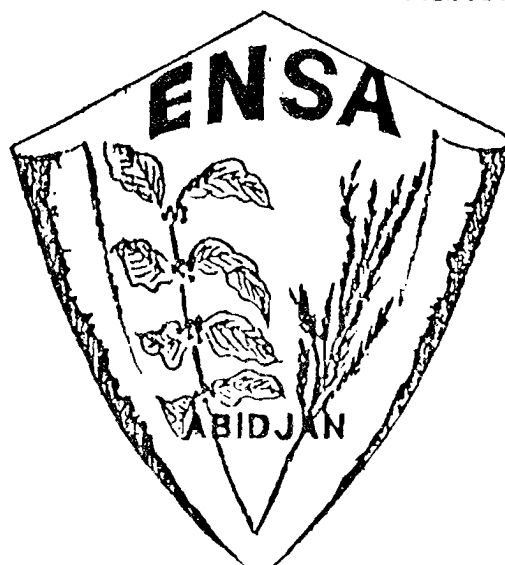


REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE  
UNION - DISCIPLINE - TRAVAIL

Ministère de l'Agriculture  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE  
AGRONOMIQUE D'ABIDJAN



MEMOIRE DE STAGE  
DE FIN DE PREMIERE ANNEE

**ETUDE MORPHOLOGIQUE ET ENZYMATIQUE  
DE QUELQUES DESCENDANTS D'HYBRIDES  
INTERSPECIFIQUES DE RIZ  
(*O. longistaminata* x *O. sativa*) x *O. sativa***

ETUDE REALISEE AU LABORATOIRE  
DE GENETIQUE DE L'ORSTOM  
D'ADIOPODOUME (BP V51-ABIDJAN 01)  
du 15 juillet au 15 septembre 1987

RESPONSABLE DE STAGE  
MLLE MATHILDE CAUSSE

PRESENTE PAR  
M. KOUAME ANGUETE

## AVANT PROPOS

Les élèves de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Abidjan, dans le souci de compléter leur formation théorique, effectuent en fin de première année agronomique un stage de deux mois, soit dans une structure de développement, soit dans une structure de recherche.

Dans cette optique, nous avons effectué du 15 juillet au 15 septembre 1987 un stage à l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), Centre d'Adiopodoumé, au laboratoire de génétique.

Nous remercions Mr LAUNAY et Mr ADIKO, respectivement Directeur et Directeur Adjoint de l'ORSTOM qui ont bien voulu que ce stage se déroule sur la station.

Nos remerciements vont également à Mlle MATHILDE CAUSSE sous la direction de laquelle s'est effectué ce stage. Qu'elle trouve ici toute notre gratitude pour sa disponibilité sans faille.

Nous disons merci à tout le personnel du laboratoire de génétique, qui par leurs conseils et suggestions ont contribué au bon déroulement de ce stage. Nous lui témoignons toute notre reconnaissance.

Nous témoignons enfin toute notre sympathie à Mme KIM TRAN grâce à qui ce mémoire a été dactylographié.

## RESUME

De nombreux efforts doivent être menés dans le but de l'amélioration des rendements du riz pluvial dans le monde. Récemment, l'utilisation des espèces sauvages dans l'amélioration du riz cultivé (*O.sativa* ) a été envisagée.

Ce mémoire présente l'étude de 80 plantes issues d'un back-cross interspécifique (*O.longistaminata* x *O.sativa* ) x *O.sativa*. Deux familles d'hybrides sont étudiées. La notation d'une vingtaine de caractères morphologiques a permis de mettre en évidence la diversité des hybrides et d'éventuelles différences entre familles de plantes.

L'électrophorèse sur gel d'amidon nous a permis par ailleurs de comparer, pour 5 marqueurs enzymatiques les fréquences génotypiques et alléliques observées aux fréquences attendues.

Les descendance étudiées présentent une grande diversité morphologique. Globalement très stériles, les hybrides conservent un phénotype proche du parent sauvage. Cependant quelques plantes fertiles et d'aspect plus cultivé ont été observées.

Par l'électrophorèse enzymatique nous avons mis en évidence un certain nombre de distorsions au niveau des fréquences observés, et montré que les plantes, laissées en fécondation libre, pouvaient présenter un taux non négligeable d'intercroisement.

## SOMMAIRE

### GENERALITES

#### I. LE COMPLEXE "SATIVA"

- 1) Le génome A
- 2) Classification
  - 2.1. Les riz sauvages
  - 2.2. Les riz cultivés
- 3) Relation évolutives dans le complexe "Sativa"
- 4) Les barrières reproductives
  - 4.1. Intra *O.sativa*
  - 4.2. Entre *O.sativa* et *O.longistaminata*
  - 4.3. Les autres barrières
- 5) Les différents types de riziculture
  - 5.1. La riziculture avec submersion
    - 5.1.1. la riziculture de mangrove
    - 5.1.2. la riziculture d'eau douce
  - 5.2. La riziculture sans submersion
    - 5.2.1. la riziculture pluviale stricte
    - 5.2.2. la riziculture de nappe
- 6) Aspects morphologiques

#### I I. ETUDE DES RESSOURCES GENETIQUES A L'ORSTOM

- 1) Schéma général
- 2) Le programme " Ressource génétique du Riz en Afrique"
- 3) Cadre de travail

#### III. MATERIEL VEGETAL

- 1) Les parents des hybrides
  - 1.1. Les variétés cultivées
  - 1.2. La plante "obake" UL 16.6
- 2) Déroulement du programme de M.CAUSSE
  - 2.1. Création de la population de base
  - 2.2. Première génération
  - 2.3. Passage de la 1ère à la 2° génération
    - 2.3.1. La Single Seed Descent (SSD)
    - 2.3.2. La méthode Bulk
- 3) La deuxième génération
  - 3.1. Dispositif expérimental
  - 3.2. Effectifs observés

## IV. METHODES

### A. LES DIFFERENTES NOTATIONS

- 1) Notations morphologiques
  - 1.1. Hauteur
  - 1.2. Longueur et Largeur de la feuille paniculaire
  - 1.3. Port de la plante
  - 1.4. Aristation
- 2) Notations Florales
  - 2.1. Longueur des anthères et des stigmates
  - 2.2. Longueur et Largeur des épillets
  - 2.3. Fertilité pollinique
  - 2.4. Réaction au phénol
  - 2.5. Exertion des stigmates
- 3) Notations paniculaires
  - 3.1. Exertion paniculaire
  - 3.2. Longueur paniculaire
  - 3.3. Nombre de Ramifications primaires et secondaires, Nombre d'insertions d'épillets
- 4) Notations à maturité
  - 4.1. Nombre de panicules produites en un mois
  - 4.2. Nombre de grains récoltés en un mois
  - 4.3. Port des panicules à maturité
  - 4.4. Ouverture paniculaire
- 5) Variables transformées
  - 5.1. Forme de l'épillet
  - 5.2. Surface et forme de la feuille paniculaire
  - 5.3. Compacité et densité paniculaire

### B. ELECTROPHORESE

- 1) Principe
- 2) Technique
- 3) Interprétation
- 4) Les enzymes étudiés
  - 4.1. Les estérases
  - 4.2. Les shikimate deshydrogenases
  - 4.3. Les endopeptidases

### C. METHODES D'ANALYSES

- 1) Comparaison de deux moyennes
- 2) Le test de  $\chi^2$

## V. RESULTATS

### A. DONNEES MORPHOLOGIQUES

1. Fertilité
2. Caractères liés à l'allogamie
3. Format des épillets
4. Caractères paniculaires
5. Autres caractères morphologiques
  - 5.1. Hauteur, port, nombre de panicules émises en un mois
  - 5.2. Aristation
  - 5.3. Format de la feuille paniculaire
6. Réaction des glumelles au phénol
7. Correlations entre caractères quantitatifs

### B. ELECTROPHORESE

1. Zymogrammes observés
2. Calcul des fréquences attendues
3. Comparaison des effectifs observés aux effectifs attendus
  - 3.1. Fréquences alléliques
  - 3.2. Fréquences génotypiques

## VI. DISCUSSION

### A. DIVERSITE MORPHOLOGIQUE DES HYBRIDES

1. Comparaison entre les hybrides et les parents
2. Comparaison entre les deux familles
3. Diversité globale
4. Perspectives.

### B. DIVERSITE ENZYMATIQUE

1. Distorsions au niveau des fréquences alléliques
2. Distorsions au niveau des fréquences génotypiques
3. Taux d'intercroisement

## VII. CONCLUSION

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES

## GENERALITES

L'importance alimentaire du riz est aujourd'hui indéniable. Nourriture de base de plus de la moitié de l'humanité, le riz tend de plus en plus à entrer dans les habitudes alimentaires d'autres peuples.

La surface rizicole mondiale est estimée à 147 millions d'hectares, et croît en moyenne de 1,33 % par an, particulièrement dans les pays non asiatiques.

En 1984, la production mondiale fut estimée à 47 millions de tonnes avec 90 % pour l'Asie.

Très variables suivant les variétés, les types de culture, les conditions écologiques, et la conduite de la culture, les rendements connaissent ces vingt dernières années une nette progression due à l'amélioration génétique des variétés et à l'introduction de nouvelles méthodes de culture (Swaminathan, 1984). Ils atteignent parfois six tonnes à l'hectare dans les meilleures conditions. Il y a cependant d'énormes différences d'un pays à l'autre ou d'une région à l'autre.

Les principaux programmes d'amélioration des rendements ont surtout concerné la riziculture irriguée. En ce qui concerne la riziculture pluviale (principal type de riziculture en Afrique de l'Ouest), d'énormes progrès restent à faire. Ceux-ci passent par la sélection de variétés résistantes aux maladies et aux insectes nuisibles, et mieux adaptées aux conditions locales (écologiques, climatiques, édaphiques). La résistance à la sécheresse est un facteur primordial en riziculture pluviale en Afrique de l'Ouest en raison du caractère aléatoire des pluies.

Ces programmes impliquent la nécessité de connaître la diversité et la structure des espèces cultivées et sauvages voisines.

Notre stage s'inscrit dans un programme d'étude des possibilités d'utilisation des formes sauvages de riz dans l'amélioration du riz cultivé pluvial. Nous présenterons dans un premier temps la structure du complexe "sativa" sous ses différents aspects (taxonomique, évolutif, morphologique, et cultural) puis nous présenterons le matériel végétal étudié et les méthodes utilisées. Dans une troisième partie nous présenterons les résultats observés et tenterons d'en dégager les points essentiels.



## I. LE COMPLEXE "SATIVA"

### 1. LE GENOME A

Le genre *Oryza* comprend une vingtaine d'espèces (dont deux cultivées) formant essentiellement quatre groupes : *Sativa*, *Latifolia*, *Meyeriana* et *Ridleyi*.

Seuls les groupes *Sativa* et *Latifolia* sont représentés sur les quatre continents. Selon les cytogénéticiens qui distinguent des espèces diploïdes et des espèces allotétraploïdes, au moins six génomes sont reconnus et désignés par des lettres majuscules de A à F.

Les deux espèces cultivées et trois sauvages se partagent le génome A. Ces espèces diploïdes ( $2n = 24$ ) forment le complexe "Sativa" (Tableau 1).

### 2. CLASSIFICATION

#### 2.1. Les riz sauvages

On distingue essentiellement trois espèces sauvages dans le complexe "sativa":

##### -*O. breviligulata* A. Chev. et Roehr.

C'est une espèce spécifique d'Afrique de l'Ouest. Son aire de répartition s'étend du Chari au delta intérieur du Niger. Cette espèce est annuelle et autogame. On la considère généralement comme l'ancêtre de *O. glaberrima*.

##### -*O. perennis* Moench.

Cette espèce complexe présente un continuum de formes annuelles à pérennes et autogames à allogames. On y distingue une forme "asiatique", une forme "américaine" et une forme "océanienne". On s'accorde à penser que la forme asiatique serait l'ancêtre de *O. sativa*. Plus récemment la forme pérenne fut appelée *O. rufipogon* et la forme annuelle *O. nivara*.

-*O. longistaminata* A. Chev. et Roehr.

Espèce pérenne et allogame, *Oryza longistaminata* est d'origine africaine. Elle se propage végétativement par rhizomes et peut constituer des populations adventices lorsqu'elle colonise les canaux d'irrigation des rizières. Son aire de répartition couvre toute l'Afrique tropicale (y compris Madagascar).

## 2.2. Les riz cultivés

Le complexe "sativa" renferme deux espèces cultivées, l'une d'origine africaine et l'autre asiatique. Ces deux espèces sont annuelles et autogames.

-*O. glaberrima* Steud.

Originaire du delta intérieur du Niger, *O. glaberrima* a migré de ce foyer primaire, pour se répandre à travers tout l'Ouest africain, du Cap-Vert au Tchad, sur presque toute l'aire de répartition de son ancêtre *O. breviligulata*, sans toutefois s'étendre jusqu'au Chari.

Du fait de ses faibles rendements, la culture de cette espèce tend à disparaître au profit de celle de *O. sativa*.

-*O. sativa* Linn.

Principale espèce cultivée, *O. sativa* est originaire d'Asie. Introduite en Afrique de l'Ouest à partir du XV<sup>e</sup> siècle, *O. sativa* est aujourd'hui cultivé sur tous les continents.

Sur la base de nombreux critères (morphophysiologiques, barrière reproductrice, électrophorèse d'enzymes, etc...), cette espèce se différencie en deux types : le type indica et le type japonica. Le type javanica d'*O. sativa* correspond à la forme tropicale du type japonica. (Pour les caractéristiques différentielles fondamentales des 2 types: voir tableau 2).

TAB. 2 : Caractéristiques différentielles fondamentales entre les types *indica* et *japonica* d'*O. sativa*.

CARACTERES	TYPES	
	<i>indica</i>	<i>japonica</i>
Résistance au chlorate de potassium	-	+
Résistance aux basses températures	-	+
Rapport Longueur/largeur des épillets	+	-
Longueur des poils apiculaires	-	+
Réaction de coloration au phénol	+	-

Tableau 1.

Les espèces du genre *Oryza*: répartition géographique, types biologiques, systèmes de reproduction, nombres chromosomiques et groupes génomiques

	Répartition	types biol.*	systèmes de reproduction	2 n	G
<b>GROUPE SATIVA</b>					
Espèces cultivées					
<i>O. sativa</i> (deux sous espèces, <i>indica</i> et <i>japonica</i> )	Origine asiatique	I	U (parfois I)	24	AA
<i>O. glaberrima</i>	Origine africaine	A	U	24	AA
Espèces sauvages					
<i>O. rufipogon</i> (espèce complexe)	Asie, Australasie, Amérique	A-I-P	U-I-L+V	24	AA
<i>O. longistaminata</i>	Afrique	P	L + V	24	AA
<i>O. breviligulata</i>	Afrique	A	U	24	AA
<b>GROUPE LATIFOLIA</b>					
<i>O. officinalis</i> (espèce complexe)	Asie du Sud et du Sud-Est, Chine du Sud, Nouvelle Guinée	P	U + V	24	CC+DD?
<i>O. latifolia</i> } <i>O. alta</i> } <i>O. grandiglumis</i> }	Espèces complexes Amérique du Centre et du Sud	P	U + V	48	CCDD
<i>O. eichingeri</i> (espèce complexe)	Afrique (+ Sri-Lanka?)	P	U	24	CC
<i>O. punctata</i> diploïde	Afrique	A	U	24	BB
<i>O. punctata</i> tétraploïde**	Afrique	P	U	48	BBCC
<i>O. minuta</i>	Asie du Sud-Est	P	U	48	BBCC
<i>O. australiensis</i>	Australie du Nord	P	U + V	24	EE
<b>COMPLEXE RIDLEYI</b>					
<i>O. ridleyi</i>	Asie du Sud-Est,	P	U ou I?	48	--
<i>O. longiglumis</i>	Nouvelle Guinée	P	U ou I?	48	--
<b>COMPLEXE MEYERIANA</b>					
<i>O. meyeriana</i> (espèce complexe)	Asie du Sud-Est, Chine du Sud	P	U	24	--
<b>ESPECES ISOLEES</b>					
<i>O. brachyantha</i>	Afrique	A	U	24	FF
<i>O. schelcheri</i>	Nouvelle Guinée	-	---	--	--
<b>GENRES ISOLEES</b>					
<i>Rynchoryza subulata</i>	Amérique du Sud tempérée	P	U ou I?	24	--
<i>Porteresia coarctata</i>	Sous continent Indien	P	U ou I?	48	--

\* Type biologique : A, Annuel. P, pérenne. I, Intermédiaire.

Systèmes de reproduction : U, autogame largement prédominant.

L, allogame largement prédominant.

I, Intermédiaire

V, végétatif.

2n : nombre diploïde de chromosomes

G : symboles des génomes

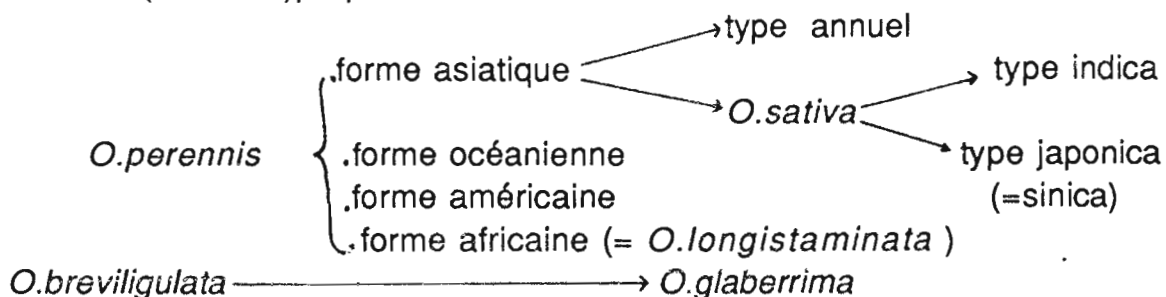
\*\* Une forme tétraploïde proche d'*O. punctata* se rencontre en Inde et en Asie du Sud-Est. Son appellation *O. malampuzhaensis* n'a pas été retenue par Tateoka (1963).

### 3. RELATIONS EVOLUTIVES DANS LE COMPLEXE "SATIVA"

De nombreux auteurs se sont penchés sur l'origine phylogénétique du riz. Si leurs propos sont contradictoires sur certains points, ils sont unanimes à reconnaître que l'origine du genre *Oryza* est à rechercher dans le supercontinent du Gondwana. (PERNES, 1984, pour synthèse).

Après leur séparation, les différents groupes géographiques ont évolué indépendamment.

OKA(1974-77) propose les deux séries évolutives suivantes:



SECOND (1985) à partir de l'étude extensive du polymorphisme enzymatique du complexe "sativa" propose le schéma évolutif résumé sur la figure 1.

Ce schéma met en évidence :

- l'origine eurasiatique du genre *Oryza*
- la domestication indépendante des riz cultivés et des 2 types indica et japonica
- l'importance des échanges entre groupes isolés du fait des migrations récentes

### 4. LES BARRIERES REPRODUCTIVES

L'utilisation d'une espèce sauvage dans un programme d'amélioration des plantes revient en quelque sorte au renouvellement du processus de domestication. Deux problèmes se posent : d'une part découvrir un caractère ou un complexe de caractères coadaptés intéressants, d'autre part le transférer dans une structure apte à la culture et à la consommation.

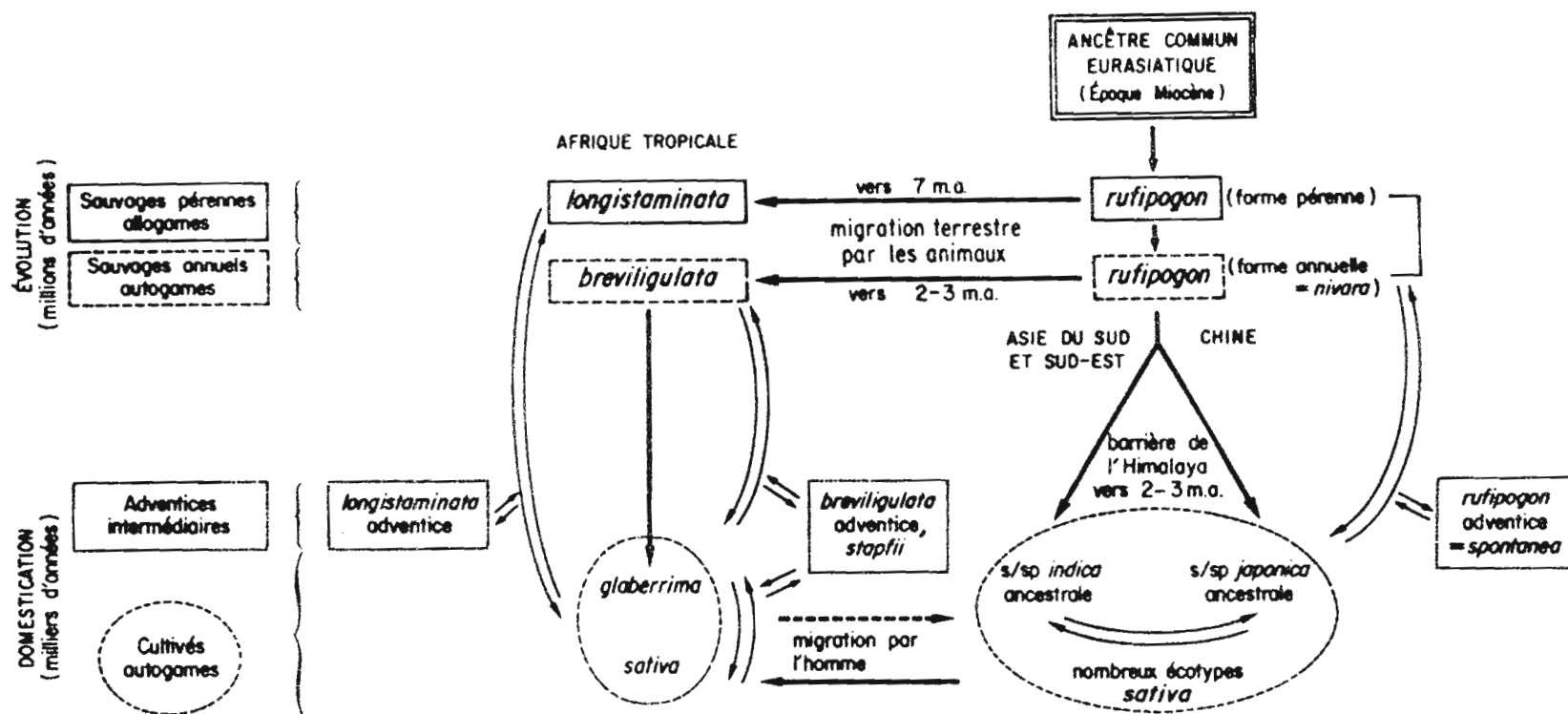


Fig.1: Relations phylogénétiques des deux espèces de riz cultivé. Les flèches simples indiquent une descendance directe. Les doubles flèches indiquent l'introgression par hybridation et rétrocroisements qui semble exister entre toutes les formes ou espèces sympatriques, sauf peut-être entre *O. longistaminata* et *O. breviligulata* séparées par des barrières reproductives particulièrement développées. Les sous-espèces ancestrales *indica* et *japonica* d'*O. sativa* sont conceptuelles dans le sens où elles sont censées représenter les stades primitifs de la domestication en Asie du Sud et Sud-Est et en Chine, respectivement. Elles correspondent néanmoins à une dichotomie fondamentale dans l'espèce *O. sativa*. (d'après SECOND, 1985)

Indépendamment du choix des espèces "accessibles" pour le transfert, la connaissance des barrières reproductives est d'une importance indéniable, car cela ne servirait à rien de découvrir un caractère intéressant si l'on est incapable de le transférer dans une structure domestiquée. (PERNES 84).

Chez le riz on rencontre de nombreuses barrières, tant intra *O.sativa*, qu'entre *O.sativa* et les autres espèces. Ces barrières s'expriment à différents stades, avec des intensités variables. Leur étude a, en général, permis d'en dégager le déterminisme.

#### 4.1. Barrières intra *O.sativa*

Stérilité des  $F_1$  : Elle est très fréquente entre variétés indica et japonica. La stérilité gamétophytique mise en évidence entre des variétés (éloignées) d'*O.sativa* est due à deux gènes létaux dupliqués. Elle met en jeu deux loci avec chacun des allèles + et s et s'établit suivant le modèle :

$$+1+1S_2 S_2 \times S_1 S_1 +2 +2 \quad +1 S_1 +2 S_2 :$$

les gamètes  $S_1 S_2$  ne sont pas viables.

Une stérilité sporophytique au niveau des  $F_2$  a été étudiée entre variétés d'*O.sativa* suivant le modèle :

$A_1A_1a_2a_2 \times a_1a_1A_2A_2$ . Des lignées apparemment normales mais partiellement stériles (avec  $a_1a_1a_2a_2$ ) sont obtenues en autofécondation. Elles montrent une instabilité de développement pollinique avec de grosses différences de fertilité entre les épillets d'une même panicule. Les plantes  $A_1a_1a_2a_2$  ou  $a_1a_1A_2a_2$  sont également partiellement stériles.

#### Faiblesse

Dans certains croisements, on observe une chlorose des hybrides soit au niveau  $F_1$  (elle est contrôlée par un couple de gènes dominants semi-tétaux  $L_1$  et  $L_2$ ), soit au niveau  $F_2$  (contrôlée par des gènes récessifs complémentaires  $l_1$  et  $l_2$ ).

#### 4.2. Barrière entre *O.sativa* et *O.longistaminata*

Une forte barrière sépare *O.longistaminata* des autres espèces du groupe "sativa". Elle se manifeste par la détérioration du zygote  $F_1$  et est contrôlée par deux gènes complémentaires dominants  $D_1$  et  $D_2$  qui interrompent la différenciation du zygote  $F_1$  à un stade précoce. Leur intervention se fait d'abord au niveau du développement de l'albumen.

Lorsque *O.longistaminata* est utilisé comme parent femelle, l'avortement est plus précoce que dans le croisement réciproque. Ceci s'explique par le fait que l'albumen triploïde  $D_1d_1d_1d_2D_2D_2$  a moins d'effet que la combinaison  $D_1D_1d_1d_2d_2D_2$  (figure 2).

Cependant cette barrière n'est pas totale et des hybrides  $F_1$  viables ont été obtenus dans environ 5% des cas par hybridation contrôlée.

Par ailleurs au cours des prospections, l'existence d'hybrides spontanés a été mise en évidence. Ces hybrides dénommés plantes "OBAKE" ("monstre", en japonais) apparaissent plus ou moins débarrassés des deux gènes responsables de la barrière. (M.H. ROBIN, 86).

#### 4.3. Autres barrières

Entre *O.glaberrima* et *O.bréviligulata*, la faiblesse des  $F_1$  est d'observation fréquente, et est contrôlée par deux gènes dominants semi-létaux  $W_1$  et  $W_2$ . Ces gènes perturbent la différenciation cellulaire dans les méristèmes racinaires.

Entre *O.sativa* et *O.glaberrima*, enfin, une interaction sporogamétophytique a été mise en évidence. Le modèle est à un locus. Les gamètes avec l'allèle  $S^a$  ne se développent pas quand  $S$  est présent dans les tissus sporophytiques.

La Figure 3 schématise les possibilités d'échanges géniques entre les espèces du complexe "sativa", en rappelant les différents types de barrières reproductives mises en jeu.

action de 2 gènes léthaux complémentaires dominants : D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub>

Génotype d'*O. longistaminata* : D<sub>1</sub>D<sub>1</sub>d<sub>2</sub>d<sub>2</sub>

Génotype d'*O. sativa* : d<sub>1</sub>d<sub>1</sub>D<sub>2</sub>D<sub>2</sub>

Génotype d'un hybride F<sub>1</sub> : D<sub>1</sub>d<sub>1</sub>D<sub>2</sub>d<sub>2</sub>

Sens du croisement	Génotype de l'albumen F <sub>1</sub>	Type d'avortement
<i>O. longistaminata</i> x <i>O. sativa</i>	D <sub>1</sub> D <sub>1</sub> d <sub>1</sub> d <sub>2</sub> D <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Avortement précoce (A <sub>1</sub> pas de caryopse.
<i>O. sativa</i> x <i>O. longistaminata</i>	D <sub>1</sub> d <sub>1</sub> d <sub>1</sub> d <sub>2</sub> D <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Avortement tardif (At caryopse sans albumen.

D <sub>1</sub>	0	1	2	3
D <sub>2</sub>				
0	N	N	N	N
1	N	At	Ap	Ap
2	N	At	Ap	Ap
3	N	At	Ap	Ap

Dosage en gènes complémentaires léthaux et effet sur l'avortement de l'albumen.

Fig. 2. Modèle génétique rendant compte de la barrière reproductive entre *O. longistaminata* et *O. sativa* (Chu et Oka, 197C ).



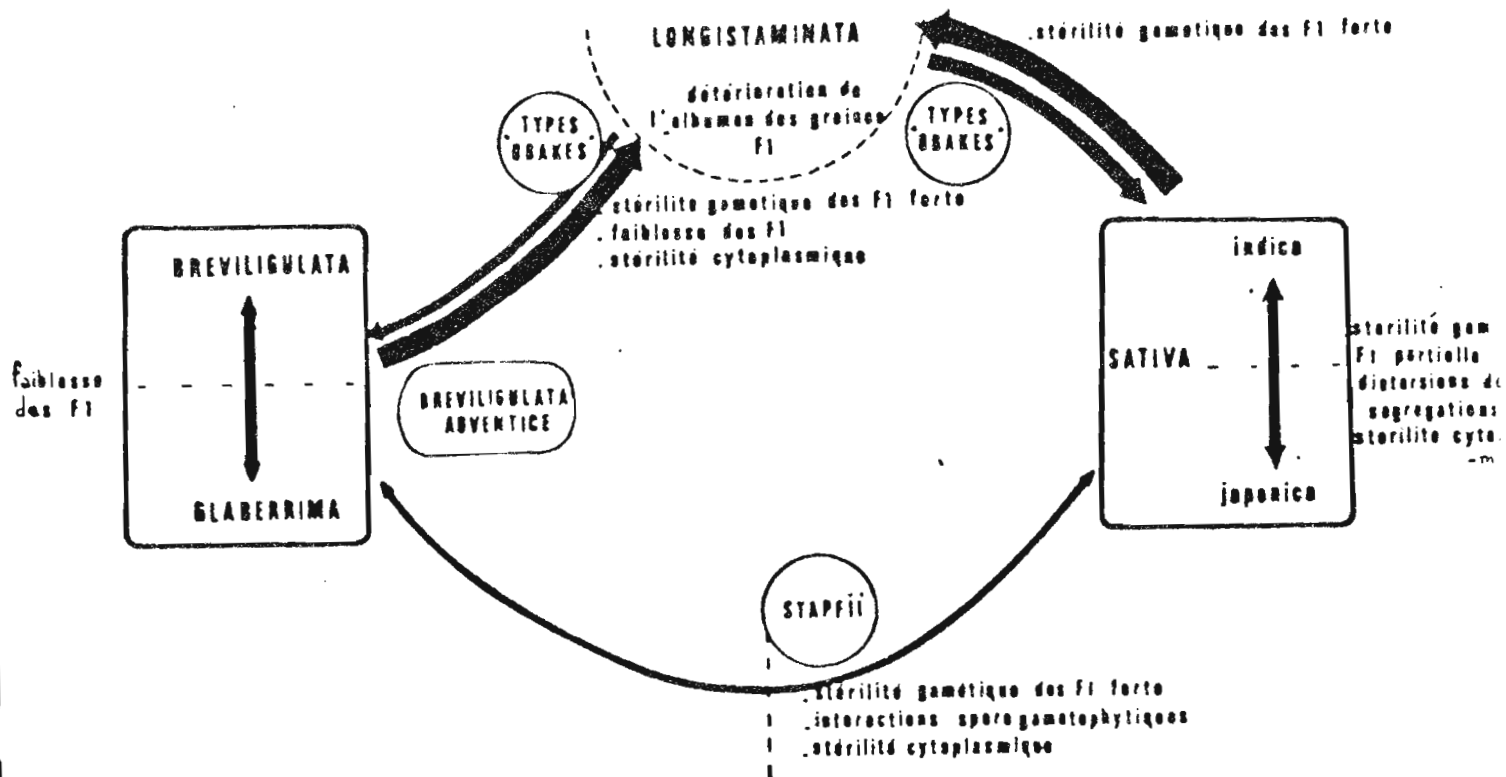


Fig.3. Isolement reproductif entre les différentes espèces du groupe *sativa* en Afrique. La direction et la taille des flèches traduisent l'intensité des flux génétiques potentiels (quantité de pollen x probabilité de fécondation). Les traits en pointillés représentent l'importance des effets de barrière reproductive.  
(D'après Pernès et al., tome I, p. 153, 1984).

## 5. LES DIFFERENTS TYPES DE RIZICULTURE

L'aptitude qu'il a d'être cultivé dans des conditions de milieu très différentes constitue une des caractéristique originale du riz. En particulier, selon les conditions d'alimentation hydrique, il est possible de distinguer plusieurs types de riziculture (JACQUOT M., COURTOIS B., 1983).

### 5.1. La riziculture avec submersion.

Sous ce vocable on regroupe l'ensemble des types de riziculture où, durant une période qui peut aller jusqu'à la totalité du cycle, le sol est recouvert par une épaisseur variable d'eau. On peut mentionner dans ce groupe :

#### 5.1.1. La riziculture de mangrove.

Ce type représente 10% des surfaces rizicoles en Afrique et est essentiellement pratiquée en Guinée Bissau, en Sierra Leone, en Gambie, au Nigeria et au Sénégal.

#### 5.1.2. La riziculture d'eau douce.

##### 5.1.2.1. Sans maîtrise de l'eau.

L'alimentation hybride est assurée par les eaux de pluie ou par les crues d'un fleuve dans les plaines inondables. (Inde Thaïlande). La submersion peut atteindre des hauteurs variables et peut survenir à un stade ou un autre du cycle.

La riziculture flottante est un cas extrême; la hauteur d'eau pouvant atteindre 4 m, voire 6 m. Ce type est développé au Mali, dans le delta du Niger.

En Afrique, 22,5 % des surfaces rizicoles sont consacrées à la riziculture sans maîtrise de l'eau.

##### 5.1.2.2. La riziculture avec maîtrise de l'eau.

Des équipements artificiels sont installés pour pourvoir aux exigences hybrides de la plante. La hauteur de l'eau est contrôlée. Il y a possibilité d'un assèchement pour épandre des engrais ou un herbicide.

Très développé en Asie, ce type est d'introduction récente en Afrique où il occupe 5% des surfaces rizicoles.

## 5.2. La riziculture sans submersion

Aucune lame d'eau ne recouvre le terrain.

### 5.2.1. La riziculture pluviale stricte

L'alimentation hydrique est ici exclusivement assurée par la pluie et la capacité de rétention du sol. Elle se fait sur des sols exondés, bien drainés. Dans le monde, 16 millions d'hectares sont consacrés à ce type.

Soumise aux aléas climatiques la riziculture pluviale enregistre des résultats moins certains que la riziculture irriguée, et les rendements en culture traditionnelle sont très faibles (1t/ha). La riziculture pluviale est le mode dominant en Afrique où 60% des surfaces rizicoles lui sont consacrées. (1,2 millions d'ha.).

### 5.2.2. La riziculture de nappe

Dans ces conditions c'est la nappe phréatique peu profonde dans laquelle plongent les racines, qui assure l'alimentation hydrique des plantes. 2,5 % des terres lui sont consacrées en Afrique.

En Afrique, les variétés de riz pluvial appartiennent au pool japonica, tandis que les variétés irriguées sont du type indica.

## 6. ASPECT MORPHOLOGIQUE

Plante le plus souvent annuelle, à tiges dressées disposées en touffes, le riz possède un système racinaire fibreux et capillaire de type fasciculé. Sa tige creuse se compose de noeuds et d'entre-noeuds. Sa taille varie de 0,5 m à 1,5 m, mais peut atteindre 6 m pour les variétés flottantes. La feuille possède une gaine qui entoure l'entre-noeuds. Entre la gaine et le limbe foliaire se trouve la ligule de forme et longueur variables selon les espèces, ainsi que l'auricule. L'inflorescence est une panicule constituée d'une grappe de ramifications primaires et secondaires. Les pédicelles sont les ramifications ultimes qui portent les épillets. Un épillet constitue une fleur. Le système reproducteur est constitué d'un androcée de six étamines, entourant un ovaire uniloculaire surmonté de 2 stigmates plumeux. Le grain est un caryopse ( figure 4).

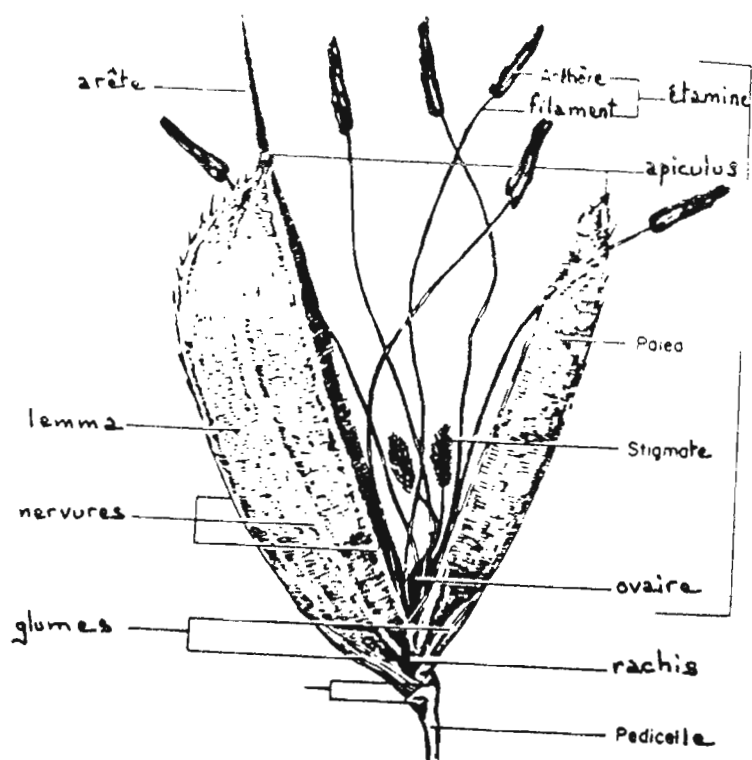
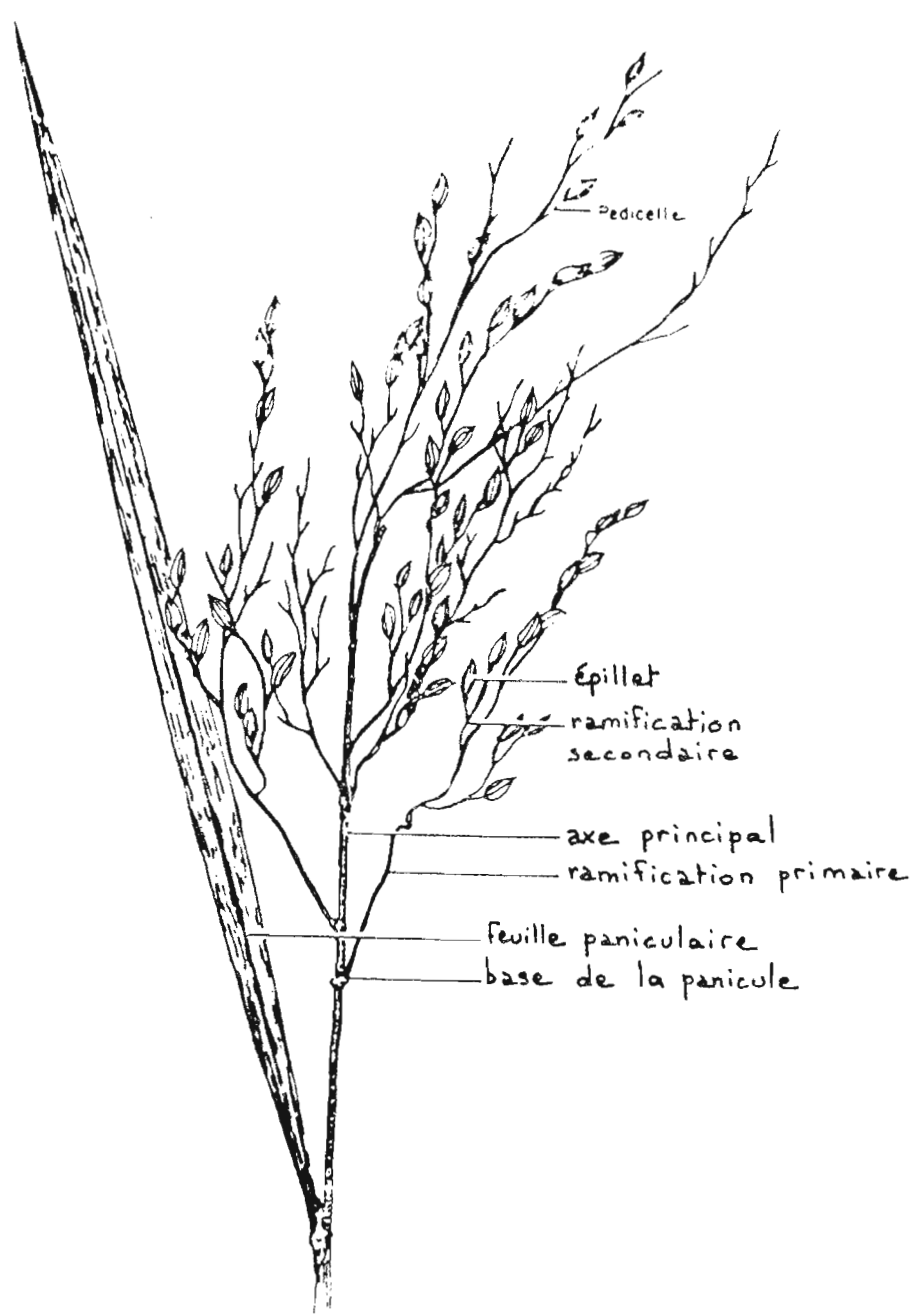


fig. 4 : description morphologique du riz  
(panicule et épillet)

## **II. ETUDE DES RESSOURCES GENETIQUES A L'ORSTOM**

### **1. SCHEMA GENERAL**

Depuis plus de dix-sept ans, l'ORSTOM effectue des travaux de recherche dans le domaine des ressources génétiques végétales.

Le panicum, le café, le riz, le mil, le gombo, et plus récemment le manioc (1985) sont les plantes étudiées. Le schéma général d'approche pour la recherche, appliqué à chacune d'elles est le suivant (HAMON 1984) :

1. Collecte des espèces cultivées et sauvages apparentées sur l'ensemble de leur aire de répartition.
2. Mise en collection et conservation du matériel végétal suivant des modalités propres à chaque type de plante.
3. Evaluation du polymorphisme, englobant aussi bien des analyses de variabilité enzymatique mise en évidence par électrophorèse que des observations biométriques effectuées dans les populations naturelles ou en parcelles d'essai.
4. Etude approfondie de l'organisation évolutive de manière plus poussée (cytogénétique, DNA mitochondrial, relations plantes sauvages-cultivées etc...)
5. Etude de schémas d'amélioration pouvant aller jusqu'à la diffusion de variétés améliorées (pour le Panicum maximum 8 variétés ont été vulgarisées) ou se limitant à la transmission des bases d'un schéma original d'amélioration à des instituts spécialisés (IRCC, IDESSA, etc ...).

### **2. LE PROGRAMME "RESSOURCES GENETIQUES DU RIZ EN AFRIQUE"**

L'ORSTOM a participé, depuis 1974, à la collecte de plus de 3500 échantillons de riz, maintenus sous forme de collections vivantes (pour les plantes pérennes), ou stockés sous forme de grains en chambre froide pour la conservation à moyen et long terme.

Les collections ont permis l'évaluation de la diversité génétique des riz en Afrique et l'étude de la structure de cette diversité. La mise au point de la technique d'électrophorèse d'enzyme (SECOND et TROUSLOT, 1980) a permis de mettre en parallèle les résultats du polymorphisme enzymatique et ceux de la variabilité morphologique.

Les deux premières phases du programme, prospection et évaluation étant déjà bien avancées, le laboratoire s'attache désormais à l'étude des possibilités d'utilisation de ces ressources dans l'amélioration du riz cultivé.

### 3. CADRE DE TRAVAIL

C'est à ce niveau que s'inscrit le programme de recherche de M. CAUSSE.

Les hybridations entre formes éloignées indica et japonica conduisent fréquemment à une stérilité partielle des F1 et à différents types de faiblesse.

On assiste également dans les générations suivantes d'autofécondation à un retour vers les formes parentales; ce qui limite les possibilités de recombinaisons.

Par ailleurs, au cours des prospections, des grains récoltés sur des panicules d'*O. longistaminata* ont donné des plantes vigoureuses, sans rhizome, introgressées par une forme indica d'*O. sativa*.. Certaines de ces plantes appelées "OBAKE" se croisent sans avortement avec *O. sativa* et *O. longistaminata*. Le programme de recherche de M. CAUSSE consiste à utiliser une de ces plantes obake suivant 2 objectifs : premièrement comme génome pivot entre les types indica et japonica; deuxièmement pour introduire la variabilité de *O. longistaminata* dans les formes cultivées, à travers la création d'une population d'hybrides avec 10 variétés de riz pluvial. Ces hybrides sont observés au champ pendant deux générations au cours desquelles aucune sélection n'est effectuée. Ils sont laissés en fécondation libre de manière à favoriser au maximum les croisements entre familles.

Ce programme, commencé en 1986 en est à la 2<sup>o</sup> génération et c'est dans ce cadre que notre stage (celui-ci a consisté à étudier certains individus de cette génération) s'inscrit .

### III. MATERIEL VEGETAL

#### 1. LES PARENTS DES HYBRIDES

##### 1.1. Les variétés cultivées.

Dix variétés de riz pluvial ont été choisies comme parents mâles, d'une part pour leur adaptation à la culture en zone forestière, d'autre part pour leur diversité morphologique et enzymatique. D'origines diverses elles appartiennent toutes au pool japonica. Il s'agit des variétés : Morobérékan, Iguape Cateto, IAC164, YS252, BS182, BS145, ES83, YS309, ES70, YS45.

L'annexe 1 résume la diversité de ces variétés. Notre travail n'a cependant porté que sur les descendants de deux variétés : IAC164 et BS182.

##### 1.2. La plante "OBAKE" UL16.6

Elle provient d'une population camerounaise de *O.longistaminata*, adventice de *O.sativa* dans laquelle un certain nombre de plantes "OBAKE" ont été trouvées. UL16.6 fut choisie comme parent femelle pour plusieurs raisons :

Son origine géographique et écologique, et son polymorphisme enzymatique, prouvent son origine introgressée par une forme indica d'*O.sativa*..

Elle est apparue débarrassée des deux gènes responsables de la barrière reproductive et se croise sans avortement avec *O.longistaminata* et *O.sativa*..

Elle est mâle stérile mais possède une fertilité femelle correcte, ce qui permet de l'utiliser en croisements extensifs sans castration.

Enfin elle présente un niveau élevé d'hétérozygotie.

## 2. DEROULEMENT DU PROGRAMME DE M. CAUSSE

### 2.1. Création de la population de base.

La création d'une population de "back-cross interspécifique" a conduit à l'obtention de plus de 3000 grains hybrides (à travers plus de 500 croisements par approche réalisés de janvier à avril 1986).

### 2.2. La première génération

Ces hybrides ont été observés au cours d'un essai au champ (juillet à décembre 86), comprenant les dix familles représentées chacune par 300 plantes.

### 2.3. Passage de la première à la deuxième génération

La récolte dans le 1<sup>er</sup> essai fut menée manuellement, compte tenu du fait que les plantes étaient très égrenantes. Le nombre de grains obtenus par plante (nombre très hétérogène) a permis le passage à la 2<sup>e</sup> génération selon deux méthodes:

#### 2.3.1. La single seed descent (SSD)

La SSD est une méthode de création variétale appliquée généralement aux plantes autogames. Elle consiste en principe à prélever sur chaque plante  $F_2$  un seul grain. Ces grains semés en mélange constituent la  $F_3$ . L'opération est ainsi répétée jusqu'à l'obtention de plantes jugées suffisamment homozygotes pour être sélectionnées. (en  $F_6$  en général). Concernant notre essai, pour 100 plantes par famille quatre grains sont semés mais une seule plante est repiquée. Par cette méthode, toutes les plantes contribuent de façon identique à la génération suivante et le maximum de variabilité est conservé.



### 2.3.2. La méthode BULK

Cette méthode est également appliquée à la sélection des plantes autogames. Elle consiste à conduire les descendants d'un croisement en mélange ("Bulk" en anglais) jusqu'à la phase de sélection en conservant le même effectif à chaque génération.

En ce qui concerne cet essai, pour 100 plantes par famille, un mélange des grains est constitué sans tenir compte de la plante d'origine. 400 grains sont prélevés dans ce mélange et semés, 100 plantes repiquées.

Les plantes ayant produit beaucoup de grains auront donc une contribution importante dans cette méthode. La structure en famille est cependant conservée.

## 3. LA DEUXIEME GENERATION (Avril à Octobre 87)

### 3.1. Le dispositif expérimental

L'essai comprend deux blocs de mêmes dimensions (24 m x 20 m) correspondant aux deux méthodes citées ci-dessus. Les grains étant semés en pépinière, les plantes ont été repiquées au stade début de tallage (les 5 et 6 Mai), avec une densité de deux plantes au m<sup>2</sup>. Chaque bloc comporte 90 plantes de chaque famille. Les plantes sont randomisées au sein de chaque bloc afin de favoriser les croisements entre les familles.

Concernant l'apport d'engrais, une dose de NPK (10, 18, 18) fut apportée avant le repiquage. Ensuite, 20 jours après la fin du repiquage de l'urée fut apporté.

Le traitement phytosanitaire hebdomadaire a consisté à pulvériser du thimul (endosulfan) contre les borers et du PELT 44 (méthylthiophanate) contre la pyriculariose.

### 3.2. Effectifs observés

Nous avons étudié dans cette deuxième génération 80 plantes appartenant à la famille 2 (issues d'hybridation avec IAC 164) et à la famille 4 (issues d'hybridation avec BS 182), parmi les plus précoces de l'essai, soit 40 plantes pour chaque famille. Ces 80 plantes sont choisies assez vigoureuses et réparties de manière inégale dans les deux blocs, notre dessein n'étant pas de comparer les deux méthodes, mais les deux familles.

## IV. METHODES

### A. LES DIFFERENTES NOTATIONS

#### 1. NOTATIONS MORPHOLOGIQUES

##### 1.1. Hauteur

A l'aide d'une toise graduée, nous mesurons la hauteur des plantes depuis le sol jusqu'à la base de la feuille paniculaire (drapeau), la toise étant tenue bien verticale. Nous établissons une moyenne dans le cas où les différentes talles d'une même plante n'ont pas la même hauteur.

##### 1.2. Longueur et largeur de la feuille paniculaire

Ces deux mesures sont faites à l'aide d'une règle graduée posée directement sur la feuille paniculaire. Lorsqu'il y a une différence entre plusieurs feuilles paniculaires de la même plante, nous faisons une moyenne.

##### 1.3. Port de la plante

L'appréciation du port des plantes a consisté à donner une note variant entre 1 et 3 à chaque plante; la note 1 est attribuée à toutes les plantes ayant un port dressé, la note 2 aux plantes ayant un port ouvert et 3 aux plantes ayant un port prostré, évasé.

##### 1.4. Aristation

L'aristation a été appréciée par des notes variant entre 0 et 2. Les plantes dont les épillets ne sont pas aristés sont notées 0. La note 1 est affectée aux plantes dont les épillets portent des arêtes courtes, de longueur inférieure à 4 cm et mal réparties sur l'ensemble de la panicule. Enfin, ont reçu la note 2 toutes les plantes ayant de grandes barbes ( $> 5$  cm) et réparties de manière homogène sur les panicules.

## 2. NOTATIONS FLORALES

### 2.1. Longueur des anthères et des stigmates

La longueur des anthères et celle des stigmates ont été mesurées à partir d'épillets prélevés sur des panicules en floraison, juste en dessous d'épillets ouverts. Ces organes sont fixés à l'aide d'un ruban "scotch" sur une plaque transparente de plexiglass, et les mesures sont faites au laboratoire à l'aide d'un agrandisseur photographique. Les ombres de ces organes grossies 10 fois sont mesurées à l'aide d'une règle graduée. On établit ensuite une moyenne sur trois organes mesurés.

### 2.2. Longueur et largeur des épillets.

On utilise également un agrandisseur. On établit la moyenne sur trois épillets prélevés par plante.

### 2.3. Fertilité pollinique

Quatre épillets sont prélevés sur des panicules en floraison juste en dessous d'épillets ouverts. Ils sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool acétique (1/3 d'acide acétique pur + 2/3 d'alcool à 95°). Au laboratoire, 6 à 10 anthères sont écrasés avec précaution sur une lame pour en extraire les grains de pollen.

Ces grains de pollen sont montés entre lame et lamelle dans le réactif d'Alexander. Ce montage est ensuite observé au microscope, où les grains de pollen sont colorés différemment, selon qu'ils sont fertiles ou non viables : les grains fertiles ont un cytoplasme rond, bien coloré en violet, tandis que les grains non viables ont un cytoplasme qui apparaît décollé et coloré en bleu. A l'aide d'un compteur, nous comptons un total de 200 grains. Le rapport du nombre de grains viables sur le total fournit le pourcentage de fertilité pollinique.

### 2.4. Réaction des glumelles au phénol

La réaction au phénol est l'un des tests discriminant le type indica du type japonica d'*O.sativa*.

Le type indica est phénol (+) tandis que le type japonica est phénol (-). Ce test peut aussi bien se faire sur des épillets vides que sur des grains remplis. Dans le souci d'économiser les grains, nous l'avons réalisé sur des épillets vides. La méthode consiste à prélever quatre épillets au centre de la panicule dans de petits tubes à essai. On verse dans ces tubes une solution à 2% de phénol de façon à ce que les épillets soient recouverts par la solution. Au bout de 48 heures environ, les épillets colorés en noir sont notés phénol (+) tandis que ceux qui restent verts sont notés phénol (-).

### 2.5. Exertion des stigmates

Ce caractère, lié à l'allogamie des plantes, est noté quelques jours après floraison de façon qualitative. La note 0 est attribuée à toutes les plantes chez lesquelles il ne reste plus de stigmates exertés. Chez les plantes notées 1, l'exertion est hétérogène sur la panicule. Chez toutes les plantes notées 2 par contre, tous les stigmates restent exertés après la floraison.

## 3. NOTATIONS PANICULAIRES

Un mois après l'épiaison, les trois premières panicules de chaque plante sont coupées juste au niveau de la feuille paniculaire. Parvenu au laboratoire, plusieurs notations ont été effectuées. Pour tous les caractères, une moyenne est établie sur les trois panicules prélevées.

### 3.1. Exertion paniculaire

La méthode consiste à mesurer à l'aide d'une règle graduée, la longueur séparant la feuille paniculaire de la base de la panicule.

### 3.2. Longueur paniculaire

A l'aide d'une règle graduée, nous avons mesuré la longueur de la panicule depuis la base jusqu'au niveau du point d'insertion du dernier épillet.

### 3.3. Nombre de Ramifications primaires, secondaires et nombre d'Insertions d'épillets

A l'aide d'un compteur nous avons compté le nombre de ramifications primaires, le nombre de ramifications secondaires et le nombre d'insertions d'épillets de chaque panicule.

## 4. NOTATIONS A MATURITE

Parvenues à maturité, différentes notations ont été effectuées sur les plantes.

### 4.1. Nombre de panicules produites en un mois

Le nombre de panicules épiées est noté chaque semaine. Une somme nous a donné le nombre de panicules épiées par plante en un mois.

#### 4.2. Nombre de grains récoltés en un mois

La récolte des grains se fait manuellement chaque semaine car les plantes sont généralement très égrenantes. Le nombre de grains produit par chaque plante est compté et les grains ensachés. Une somme là encore nous donne le nombre de grains obtenus sur chaque plante en un mois. Ce résultat est cependant à considérer avec beaucoup de précautions, car il apparaît très biaisé, du fait de l'égrenage, mais aussi des oiseaux qui ravagent préférentiellement les plantes les plus productives.

#### 4.3. Port des panicules à maturité

Il est apprécié par une note (1 ou 2) attribuée à chaque plante. Les plantes notées 1 ont les panicules dressées à maturité, tandis que la note 2 est affectée aux plantes ayant les panicules recourbées à maturité.

#### 4.4. Ouverture paniculaire

La méthode a consisté à affecter des notes (0 à 2) aux plantes, selon l'angle d'ouverture des ramifications primaires par rapport à l'axe principal. La note 0 est affectée aux plantes les ramifications primaires forment un angle de  $0^{\circ}$  à  $5^{\circ}$  avec l'axe principal. Les plantes dont les ramifications primaires forment un angle compris entre  $5$  et  $30^{\circ}$  sont notées 1. Enfin les plantes dont les ramifications primaires forment avec l'axe principal un angle supérieur à  $30^{\circ}$  sont notées 2.

### 5. VARIABLES TRANSFORMEES

A partir des variables précédentes, plusieurs autres variables ont été établies. Ces nouvelles variables concernent la forme de l'épillet, la forme et la surface de la feuille paniculaire, la compacité et enfin la densité paniculaire.

#### 5.1. Forme de l'épillet

Cette variable est établie en faisant le rapport longueur sur largeur de l'épillet.

#### 5.2. Surface et forme de la feuille paniculaire

Ces variables sont obtenues en faisant le produit (pour la surface) ou le rapport (pour la forme) de la longueur de la feuille par sa largeur .

#### 5.4. Compacité et densité paniculaires

Le rapport: ramification primaire sur longueur de la panicule donne la "compacité".

Le rapport: nombre de ramifications secondaires sur nombre de ramifications primaires donne la "densité" de la panicule. (annexe 2).

### B. ELECTROPHORESE

Les enzymes, protéines remarquables et les plus hautement spécialisées possèdent un extraordinaire pouvoir catalytique. De nombreuses enzymes apparaissent sous plus d'une forme moléculaire dans la même espèce, dans le même tissu ou dans la même cellule. Dans chaque cas les formes différentes d'enzymes catalysent la même réaction, mais puisqu'elles ont des propriétés et des séquences en aminoacides différentes, elles peuvent être distinguées et séparées par des procédés appropriés. Ces formes multiples d'enzymes sont appelés isoenzymes ou isozymes.

#### 1. PRINCIPE DE L'ELECTROPHORESE

L'électrophorèse est une technique qui consiste à séparer des molécules suivant leur taille et leur charge, en les faisant migrer dans un champ électrique. Appliquée aux enzymes, l'électrophorèse permet la séparation de certains types d'isozyme et leur révélation sélective par des réactions colorées spécifiques. L'enchaînement des nucléotides de l'ADN donne la composition de la séquence en aminoacides qui déterminent la charge de ces isozymes. Aussi des différences de mobilité peuvent-elles être interprétées comme étant le reflet d'une diversité génétique.

## 2. TECHNIQUE

SECOND et TROUSLOT (1980) ont mis au point en Côte d'Ivoire une technique d'électrophorèse sur gel d'amidon permettant la révélation de 16 enzymes, correspondant à 42 loci.

Les gels sont préparés la veille de l'opération à partir d'amidon hydrolysé (CONNAUGHT) à 14 % en poids de tampon. Le mélange constitué d'amidon et de tampon est chauffé (80°) avec agitation jusqu'à ce qu'il devienne translucide. Il est alors immédiatement dégazé à l'aide d'une pompe à vide, et versé dans un moule plastique de dimensions intérieures 20 x 10 x 0,9 cm.

Ces gels sont laissés à température ambiante toute une nuit .

Le gel est ensuite coupé transversalement à 7 cm d'une des extrémités, afin d'aménager un espace pour la mise en place des échantillons.

Les échantillons sont écrasés à l'aide d'une baguette en plexiglass dans un godet en porcelaine. Des petits rectangles de papier whatman N° 3 ou N° 1 (5 mm de large) selon l'enzyme révélée, sont imbibés de l'extrait et déposés dans la fente établie à cet effet. On dépose ainsi par plaque une série de 16 échantillons. (ANNEXE 3)

La migration se fait en chambre froide en connectant le gel aux bacs d'électrodes remplis de tampon de migration. La durée de la migration est de 5 à 6 heures avec une tension continue de 200 V et une intensité de 25 mA par gel.

La migration terminée, les gels sont coupés en tranches de 1,5 mm d'épaisseur permettant ainsi la révélation de différents enzymes à partir du même extrait. Pour la révélation, les tranches sont placées dans des moules et recouvertes avec des solutions de révélations spécifiques à chaque enzyme, contenant le substrat, le ou les cofacteurs et les colorants. La révélation se déroule à 40° à l'étuve. Après la révélation, les plaques sont rincées et fixées dans une solution d'acide acétique à 7 % où elles séjournent toute une nuit. Elles sont ensuite conservées dans une gaine plastique transparente ou sous cellophane.



### 3. INTERPRETATION

Les combinaisons de bandes colorées issues des révélations sont appelées zymogrammes. Les zymogrammes sont une visualisation des isozymes. Les zymogrammes doivent être interprétés afin de traduire en termes génotypiques des données phénotypiques. Les électromorphes sont les classes d'allèles dont le phénotype est indistinguable en électrophorèse. Les enzymes ayant une structure quaternaire complexe (association de monomères) ont des zymogrammes se traduisant par l'apparition de bandes hybrides hétéromères, de migration intermédiaire par rapport aux bandes homomères, qui sont seules prises en considération pour l'interprétation génétique. Le nombre de bandes hybrides est fonction de la structure quaternaire de l'enzyme.

SECOND et TROUSLOT (1980) appliquant ces principes ont fait correspondre à ces 16 enzymes 42 loci structuraux.

Pour 28 d'entre eux, des analyses d'hérédité mendélienne ont confirmé les hypothèses proposées.

### 4. LES ENZYMES REVELEES

A partir des parties non chlorophylliennes de jeunes feuilles nous avons révélé 6 enzymes pour lesquelles les plantes présentent une diversité. Il s'agit des estérases (EST), des leucine-aminopeptidases (LAP), des endopeptidases (EP), des Shikimate déshydrogénases (SKDH), des phosphogluconate déshydrogénases (PGD) et des catalases (CAT). Les EST permettent l'étude de 3 loci (ESTCa, B, E).

L'analyse ne portera cependant que sur trois enzymes : Estérases, Shikimate déshydrogénase et endopeptidase, soit 5 loci.

#### 4.1. Les Estérases (EST)

Les estérases représentent un groupe d'enzymes très hétérogène présentant des zymogrammes complexes et variables en fonction du stade des feuilles utilisées ou en fonction du stade de la plante. Les bandes des zymogrammes sont caractéristiques par leur aspect (coloration rouge à noire). Certaines bandes peuvent être absentes. Nous avons étudié les locus correspondant aux estérases cathodiques (EST Ca) et aux bandes B et E.

#### 4.2. Les Shikimate Déshydrogénase (SKDH)

C'est une enzyme monomérique codée par un seul locus (locus A). Les hétérozygotes sont figurés par deux bandes tandis que les homozygotes sont figurés par une bande.

#### 4.3. Les endopeptidases (EP)

Cette enzyme monomérique est codée par un seul locus.

### C. METHODES D'ANALYSE

#### 1. COMPARAISON DE DEUX MOYENNES

Nous avons utilisé le test t de Student qui s'applique au cas de deux échantillons indépendants de même variance. La méthode consiste à tester l'hypothèse :

$$H_0 : m_1 = m_2, \text{ en calculant}$$

$$t_{obs} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{SCE_1 + SCE_2}{n(n-1)}}}$$

(lorsque les 2 échantillons sont de même taille n.)

On rejette l'hypothèse nulle lorsque  $t_{obs} \geq t_{1-\frac{\alpha}{2}}$  avec  $2(n-1)$  degré de liberté.

#### 2. TEST DE $\chi^2$

Nous avons utilisé ce test dans deux cas. Dans un premier temps, nous l'avons utilisé pour la comparaison des distributions des variables qualitatives des deux familles. En effet pour une population subdivisée en pq classes en fonction de deux critères de classification, nous utilisons le test d'indépendance qui consiste à calculer:

$$\chi^2_{obs} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{(n_{ij} - n \hat{p}_{ij})^2}{n \hat{p}_{ij}}$$

(où  $n \hat{p}_{ij} = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n}$  : fréquence attendue de la classe ij), que nous comparons à un  $\chi^2_{(p-1)(q-1)}$

Dans un deuxième temps nous avons utilisé ce test pour ajuster les résultats observés en électrophorèse aux effectifs attendus. Pour ce faire nous calculons la quantité:

$$\chi^2_{\text{obs}} = \sum_{i=1}^p \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \text{ que nous comparons}$$

à un  $\chi^2_{(p-1)}$ . L'hypothèse nulle est rejetée lorsque :

$$\chi^2_{\text{obs}} > \chi^2_{1-\alpha, (p-1) \text{ d.l.}}$$

( $np_i$  = effectifs théoriques de la classe  $i$ )

( $n_i$  = effectifs observés)

## **V. RESULTATS**

### **A. DONNEES MORPHOLOGIQUES**

Nous présenterons dans un premier temps les résultats concernant les observations morphologiques, en les comparant dans certains cas aux données relatives aux hybrides de 1<sup>ère</sup> génération (notée G1) et aux parents *O.sativa* (notés P2 et P4). Lorsque les moyennes sont apparues significativement différentes entre les 2 familles, nous le signalerons. Un tableau global des résultats observés est fourni en annexe 4.

Dans une seconde partie, nous nous intéresserons à l'analyse des résultats de l'électrophorèse enzymatique.

#### **1. FERTILITE**

Le réactif d'Alexander permet d'étudier la viabilité du pollen. Par cette méthode la fertilité pollinique des variétés cultivées est généralement supérieure à 90 %.

La Figure 5a permet de comparer les distributions de la variable fertilité pollinique (FPOL) en G<sub>1</sub> (pour un échantillon de 380 individus appartenant à toutes les familles) et en G<sub>2</sub> sur les plantes observées au cours de cet essai.

Le regroupement en classes correspond aux niveaux : (0 - 40 %) plantes stériles; (40 - 70 %) plantes légèrement fertiles (70 - 100 %) plantes fertiles.

La fertilité pollinique reste faible; on constate cependant une amélioration par rapport à G<sub>1</sub>.

La distribution de la variable nombre de grains (NGR) récoltés par plante (figure 5b) montre également une grande diversité et une certaine amélioration par rapport à G<sub>1</sub>.

La figure 6 représente la relation entre FPOL et NGR.

Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est peu élevé :  $r = 0,30$ .

fig 5a: distribution de la fertilité pollinique :  
comparaison G1, G2

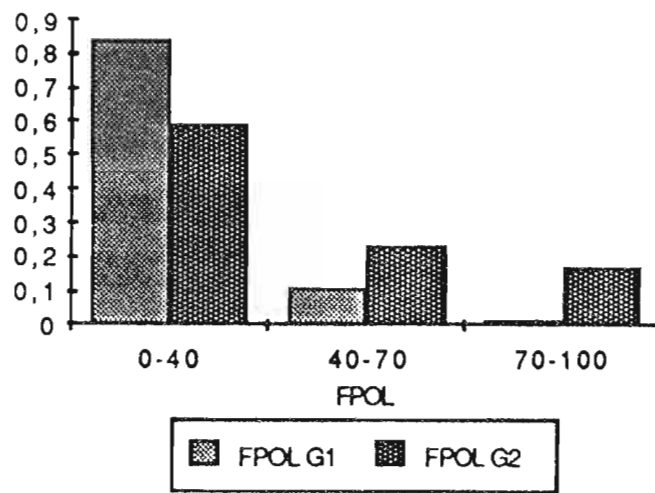


fig 5b: distribution comparées du nombre  
de grains récoltés par plante en G1 et G2

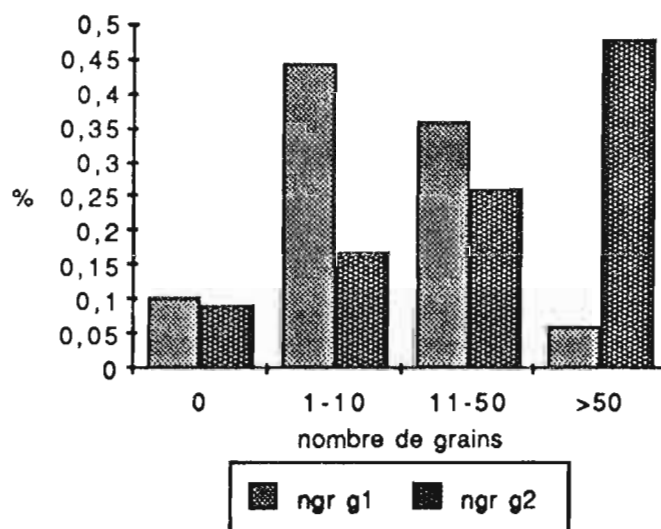
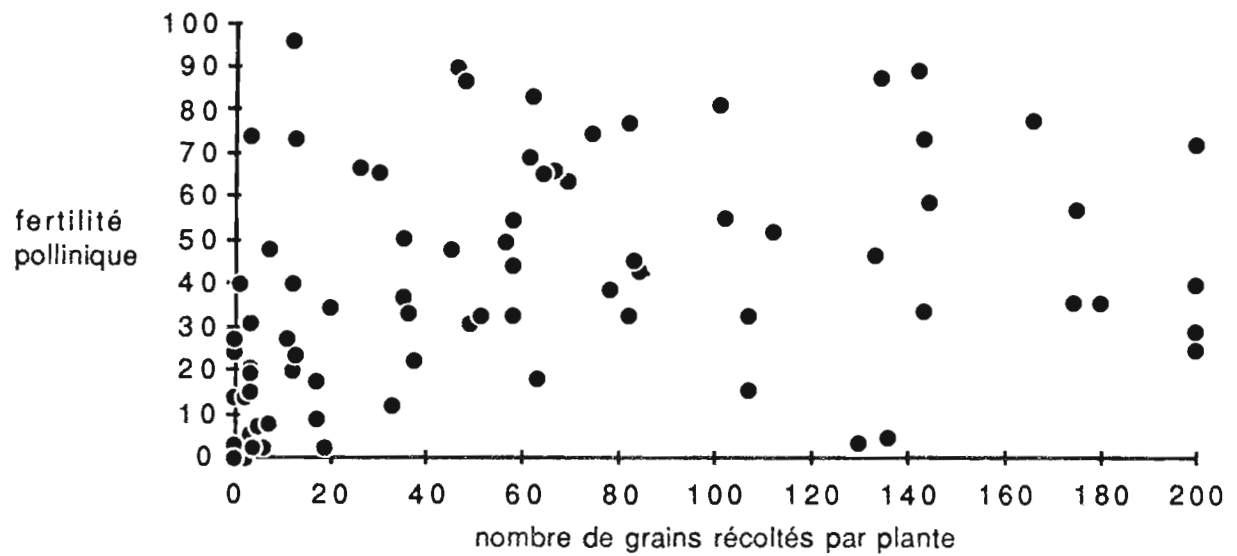


fig 6: relation entre fertilité pollinique  
et nombre de grains par plante



Deux types de résultat paraissent incohérents :

- Certaines plantes, bien qu'ayant une fertilité pollinique élevée n'ont donné que très peu de grains. Cela pourrait s'expliquer par les dégâts causés par les oiseaux et dans une moindre mesure par le caractère généralement égrenant des plantes.

- D'autres plantes par contre ont donné beaucoup de grains mais présentent une fertilité pollinique assez faible; ce résultat ne peut s'expliquer que par un taux élevé d'allopollinisation.

## 2. CARACTERES LIES A L'ALLOGAMIE

Il s'agit des caractères longueurs des anthères (LOET) longueur des stigmates (LOST), exersion des stigmates (EXST).

La Fig 7 représente LOST en fonction de LCET; l'emplacement global des variétés *O.sativa* a été signalé, ainsi que celui de UL16.6.

Ici encore une grande diversité est mise en évidence, les hybrides couvrant le domaine compris entre les parents cultivés et UL 16.6. Les deux caractères sont très faiblement corrélées ( $r = 0,196$ ).

Les valeurs moyennes restent légèrement supérieures à celle des variétés *O.sativa*.

L'exersion des stigmates est un autre caractère typique de l'allogamie. On a observé les résultats suivants :

NOTE	EFFECTIFS
0 (non exerté)	31
1 (moyen )	23
2 (exerté )	26

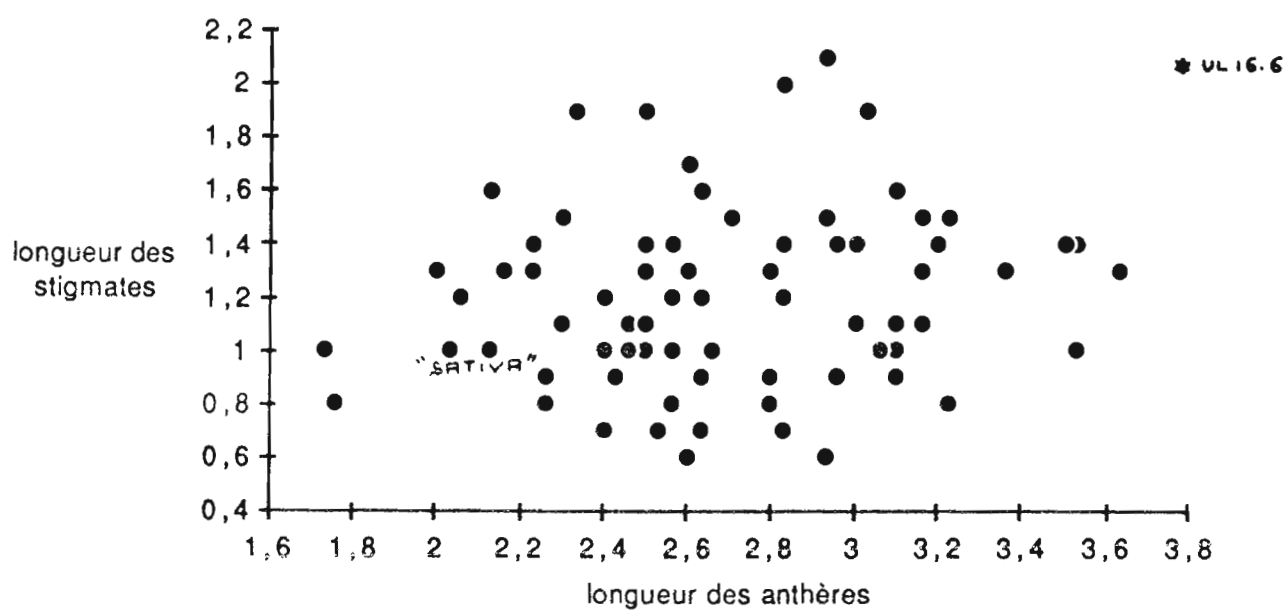
Le tableau 3 montre la relation qui existe entre EXST et LOST.

Au vu de la répartition des notes LOST et EXST, l'exersion des stigmates apparait liée à leur taille, les stigmates courts étant généralement moins exertées.

LOST	court <1,1	moyen 1,1 à 1,3	long >1,3	total
EXST 0	17	7	7	31
EXST 1	7	6	10	23
EXST 2	4	11	11	26
total	28	24	28	80

TAB. 3: RELATION ENTRE EXERTION ET LONGUEUR DES STIGMATES

fig 7: relation entre longueur des anthères et des stigmates





### 3. FORMAT DES EPILLETS

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 4.

De formes très variées, les épillets des hybrides sont en moyenne plus fins que les types "sativa" parentaux, ce qui explique les valeurs de LLEP plus élevées. Les valeurs moyenne de LOEP obtenues en G<sub>2</sub> tendent toujours vers la valeur du parent le plus long (UL 16.6 pour F<sub>4</sub>, P<sub>2</sub> pour F<sub>2</sub>).

Les parents P<sub>2</sub> et P<sub>4</sub> ont des grains de formes différentes . Ces écarts se retrouvent au niveau des hybrides et une différence significative entre les moyennes de F<sub>2</sub> et F<sub>4</sub> est mise en évidence pour la variable LLEP.

### 4. CARACTERES PANICULAIRES

Les résultats récapitulés dans le tableau 5 montrent que les panicules présentent une exsertion relativement bonne, trop élevée dans certains cas (car une trop forte exsertion peut favoriser la casse de la panicule).

Les panicules sont en moyenne plus courtes que celles des parents et des hybrides observés en G<sub>1</sub>. Les panicules apparaissent en moyenne moins denses mais plus compactes que celles mesurées en G<sub>1</sub>.

Les comparaisons entre G<sub>1</sub> et G<sub>2</sub> sont à considérer avec beaucoup de prudence, particulièrement pour les variables liées à la vigueur des plantes (caractéristiques paniculaires, hauteur, tallage fertile..):

Les 2 essais n'ayant pas été menés dans les mêmes conditions (ensoleillement, apport hydrique,...), une grande part de ces différences risque d'être due au "milieu" et non au "génotype".

Les histogrammes (figure 8) représentant la distribution de la densité et de la compacité en G<sub>2</sub> montrent l'existence d'un certain nombre d'individus possédant un niveau supérieur à celui des parents. Les notations qualitatives d'ouverture (OUPA) et de port des panicules (PPMA) à maturité fournissent les résultats présentés dans le tableau 6.

Les 2 familles présentent des répartitions différentes pour l'ouverture des panicules, la famille 4 ayant un plus grand nombre d'individus aux panicules fermées.

	PARENTS			FAM. 2	FAM. 4	ECHANTILLON TOTAL					
	P 2	P 4	UL16	moy	moy	moy	s	min	max	t obs	
LOEP	8,6	7,5	8,2	8,5	8,2	8,3	0,81	6,5	11	1,49	NS
LAEP	3	3,66	2,56	2,7	2,8	2,7	0,32	2,1	3,4	1,55	NS
LLEP	2,87	2,05	3,2	3,2	2,9	3,06	0,43	1,99	4,1	2,23	NS

TAB. 4: Format du grain: moyennes des parents (P2,P4,UL16) et des hybrides, écart-type (s), minima (min) et maxima pour les variables longueur (LOEP), largeur (LAEP) et forme (LLEP) des épillets

test t de comparaison des moyennes des 2 familles

seuils de signification  $\alpha=5\%$ ,  $t=1,99$  \*

$\alpha=1\%$ ,  $t=2,64$  \*\*

				G1		G2		G2 (total)			
	P 2	P 4	UL16	F2	F4	F2	F4	m	s	min	max
EXE	5	3	9	6	3.5	5.8	4.3	5	4	0	17
LOPA	27	26	37	27	27.6	24.8	24.1	24.5	3.8	13	33
RAP	14	11.5	12	10.1	11.2	10.85	11.1	11	2.4	6	18
RAS	42	29	36	30.4	31.2	28.8	28.3	28.6	11.2	10	62
COPA	.5	.43	.32	.38	.41	.44	.46	.4	.07	.28	.72
DENS	3.1	2.5	3.1	3.0	2.8	2.6	2.5	2.6	0.8	0.9	4.5
NIE	-	-	-	-	-	170	166	169	56	72	324

TAB 5: CARACTERES PANICULAIRES : moyennes des parents et des hybrides (en G1 et G2); moyenne (m), écarts-type (s) et valeurs extrêmes observés en G2 sur 80 individus

	OUPA			PPMA	
	0	1	2	1	2
FAMILLE 2	10	17	13	37	3
FAMILLE 4	25	7	8	36	4
	$\chi^2 = 11,8$ **			$\chi^2 = 0,003$ NS	

TAB.6: Distribution des notes attribuées aux hybrides pour les variables ouverture des panicules (OUPA) et port à maturité (PPMA)

Valeur des  $\chi^2$  de comparaison des distributions des 2 familles

seuils de signification:

$\alpha=5\%$   $\chi^2_1=3,84$   $\chi^2_2=5,99$  (\*)

$\alpha=1\%$   $\chi^2_1=6,63$   $\chi^2_2=9,21$  (\*\*)

fig. 8a: distribution de la variable COMPACITE

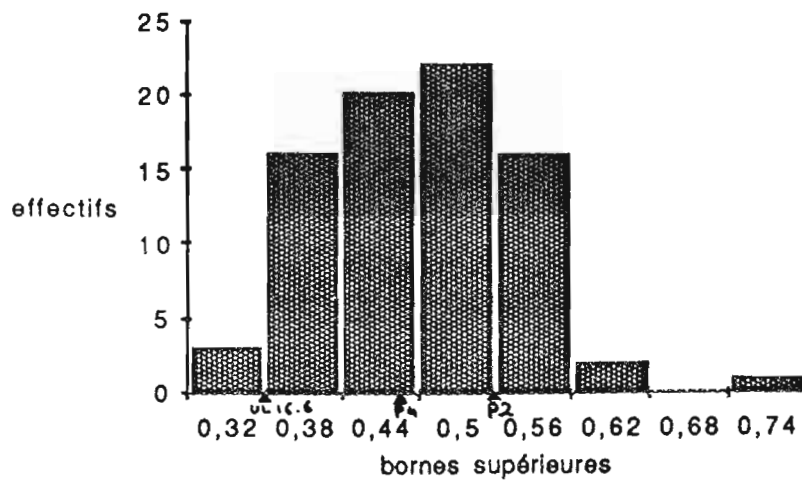
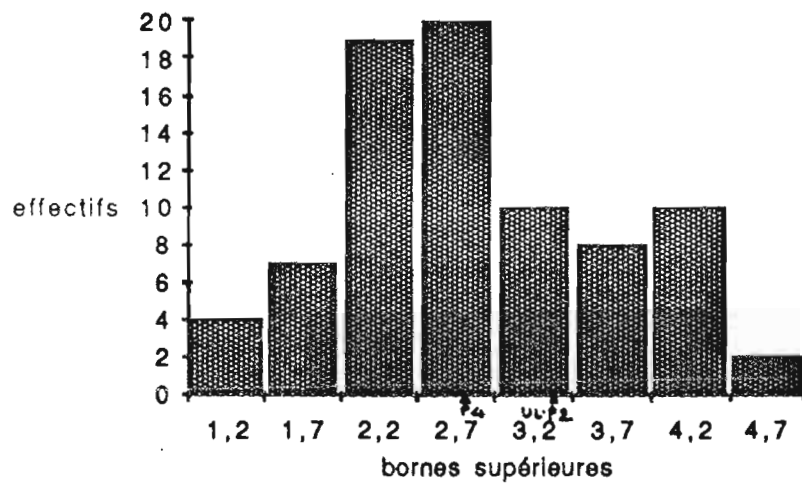


fig 8b: distribution de la variable DENSITE



## 5. AUTRES CARACTERES MORPHOLOGIQUES

### 5.1. Hauteur, Port, Nombre de panicules

La hauteur des plantes varie beaucoup : de 44 cm à 126 cm. Les plantes à port prostré (notées 3) sont peu fréquentes (3 sur 80), les autres classes comptent 42 plantes au port dressé et 35 au port ouvert. Le port ouvert est typique de UL 16.6. Les résultats concernant la hauteur et le nombre de panicules produites en un mois sont présentés dans le tableau 7. Comme en  $G_1$ , on observe pour les 2 variables, une différence entre les moyennes des 2 familles.

### 5.2. Aristation

IAC 164, le géniteur de la famille 2 est une variété non aristée, tandis que BS 182 (géniteur de la famille 4) présente des épillets barbus. UL 16.6 est également fortement aristée. Le tab. 8 présente les résultats observés pour ces 2 familles en  $G_1$  et en  $G_2$ .

Tout comme en  $G_1$ , une différence significative entre les 2 familles est mise en évidence en  $G_2$ .

On constate également, au sein de la famille 4, une différence entre les 2 générations, les plantes en  $G_2$  présentant des épillets moins fortement aristés qu'en  $G_1$  ( $\chi^2 = 15,4$  \*\*).

### 5.3. Format de la feuille paniculaire

Tous les types de feuilles ont été observés des types courts et fins comme le parent UL 16.6, aux feuilles longues et larges caractéristiques des riz pluviaux (tableau 9).

Les moyennes présentent des valeurs intermédiaires entre les 2 parents.

Une différence entre les 2 familles est observée pour la variable LAFP.

				G1		G2		t obs
	P2	P4	UL16	F2	F4	F2	F4	
HAUT	93	83	105	79	86	72	82	2,73 **
NMPA	16,4	29,6	8,1	28,3	39	16	22	2,22 *

TAB 7: Valeurs moyennes des parents et des hybrides en G1 et G2 concernant la hauteur des plantes (HAUT) et le nombre de panicules produites en un mois (NMPA)

test t de comparaison des moyennes des 2 familles observées

seuils de signification:  $\alpha=5\%$  :  $t=1,99$  \*

$\alpha=1\%$  :  $t=2,64$  \*\*

\*: les données concernant UL16.6 sont biaisées,  
les plantes ayant poussé dans de meilleures  
conditions que les autres plantes

ARIS	NOTE	0	1	2	
G1	F2	21	11	8	$\chi^2=31.5$ **
	F4	1	9	30	
G2	F2	20	11	9	$\chi^2=9.6$ **
	F4	7	20	13	

TAB 8: distribution des notes d'aristation attribuées aux plantes des familles 2 et 4 en G1 et G2

test du  $\chi^2$  de comparaison des distributions

seuils de signification  $\alpha=5\%$  :  $\chi^2_1=5,99$  (\*)

$\alpha=1\%$  :  $\chi^2_1=9,21$  (\*\*)

				G2				t obs
	P2	P4	UL16	F2	F4	min	max	
LOFP	41	45	26	37,6	33,5	15	61	NS
LAFF	2,1	1,9	1,3	1,57	1,8	1	2,5	2,87 **

TAB 9: Valeurs moyennes des parents et des hybrides en G1 et G2 concernant la longueur et la largeur des feuilles paniculaires

test t de comparaison des moyennes des 2 familles observées

## 6. REACTION DES GLUMELLES AU PHENOL

Les résultats observés sont résumés dans le tableau 10a. Le parent sauvage UL 16.6 est phénol (+) tandis que toutes les variétés *O.sativa* utilisées comme parents mâles sont phénol(-)(japonica).

Tous les hybrides G1 étaient phénol (+).

Ce caractère présente un déterminisme génétique simple et, généralement, ségrège selon un modèle à 1 seul locus, (+) étant dominant sur (-).

Nous avons donc testé cette hypothèse :

### - Hypothèse : un gène

$$+/+ \times -/- = +/- (+) = \begin{cases} 1/4 (-) \\ 3/4 (+) \end{cases}$$

UL 16.6      sativa      hybrides G<sub>1</sub>      hybrides G<sub>2</sub>

Le tableau 10b présente les résultats du test

L'hypothèse d'un gène est rejetée.

### - Hypothèse : deux gènes indépendants

$$++/++ \times --/-- = +/-+/- \quad (+ \text{ dominant})$$

UL16.6      sativa      hybrides G1

En G2 on obtient les phénotypes résumés dans le tableau 10c.

On obtient ainsi les fréquences :

$$\begin{cases} 9/16 (+) \\ 7/16 (-) \end{cases}$$

$$\chi^2_{obs} = 0,46 \text{ N.S.}$$

Le tableau 10d présente les résultats du test d'ajustement Le  $\chi^2$  dans ce cas n'étant pas significatif, nous acceptons l'hypothèse selon laquelle le caractère phénol est gouverné par deux gènes indépendants.

TAB 10 : REACTION DES GLUMELLES AU PHENOL

	F2	F4
PHE -	16	16
PHE +	24	24

TAB 10a: effectifs observés dans chaque famille

	PHE -	PHE +	
eff. observés	32	48	$\chi^2_{=12} **$
eff. attendus	20	60	

TAB. 10b: test d'ajustement à un modèle à un locus

		gamètes mâles			
		++	+-	-+	--
gamètes	++	(+)	(+)	(+)	(+)
	+-	(+)	(-)	(+)	(-)
femelles	-+	(+)	(+)	(-)	(-)
	--	(+)	(-)	(-)	(-)

TAB. 10c : phénotypes attendus dans le cas d'un modèle à 2 locus indépendants

	PHE -	PHE +	
eff. observés	32	48	$\chi^2_{=0,46} \text{ NS}$
eff. attendus	35	45	

TAB. 10d: test d'ajustement à un modèle à 2 locus indépendants

## 7. CORRELATIONS ENTRE CARACTERES QUANTITATIFS

La matrice de corrélations entre caractères est présentée dans le tableau 11.

Seules les corrélations significativement différentes de 0 sont présentées ( $\alpha = 0,01$ ;  $r = 0,28$ ).

Nous observons certains groupes de variables toutes corrélées entre elles. Deux groupes principaux apparaissent :

- L'un correspond à la structure de la panicule (LOPA, RAP, RAS, NIE)
- L'autre au format de la feuille paniculaire (LOFP, LAFP, FOFP, LLFP)

Ces deux groupes sont également corrélés entre eux et avec la hauteur. Toutes ces variables représentent la "vigueur" globale des plantes.

La fertilité pollinique et la production de graines sont faiblement corrélées entre elles.

On note enfin certaines corrélations moins évidentes :

La largeur des épillets par exemple, est corrélée négativement à la longueur des organes reproducteurs (LOET et LOST); la fertilité pollinique est liée aux variables de vigueur (LOPA, EXE, LOFP, FOFP, HAUT), la largeur des épillets est liée à celle des feuilles paniculaires, l'exertion liée au format de la feuille paniculaire.

Seul le nombre de panicules produites en un mois apparaît indépendant de tous les autres caractères.



	COPA	DENS	NE	RAS	RAP	LOPA	EXE	NMPA	FOFP	LLFP	LAEP	LOEP	HAUT	LLEP	LAEP	LOEP	NGR	FPOL	LOST	LOET
LOET														0,4	-0,3					1
LOST													-0,3		-0,3				1	
FPOL						0,35	0,45		0,31			0,32	0,31				0,3	1		
NGR						0,29	0,32										1			
LOEP		-0,4	-0,3	-0,4										0,58			1			
LAEP											0,28			-0,7		1				
LLEP		-0,3	-0,3	-0,3							-0,4		-0,3		1					
HAUT			0,55	0,49	0,5	0,62	0,28			0,45	0,51	0,33	1							
LOFP		0,37	0,49	0,49	0,37	0,41	0,49		0,65	0,89	0,49	1								
LAFP		0,35		0,58	0,51	0,53	0,36		-0,3	0,81		1								
LLFP		0,36	0,61	0,57	0,49	0,43	0,4				1									
FOFP							0,4		1											
NMPA								1												
EXE						0,28	1													
LOPA		0,34	0,65	0,6	0,63	1														
RAP		0,69		0,7	0,57	1														
RAS			0,84		1															
NE		0,29	0,7		1															
DENS		1																		
COPA	1																			

TAB. 11: Matrice des corrélations

## B. ELECTROPHORESE

### 1. ZYMOGRAMMES OBSERVES

La présence d'échantillons témoins aux côtés des hybrides permet d'interpréter facilement les génotypes des individus testés. Nous utilisons comme témoins les deux parents UL16.6 et IAC164 . La figure 9 représente les différents zymogrammes observés.

#### EST Ca

Nous observons trois génotypes différents : l'allèle  $Ca_1$  correspond à la bande rapide,  $Ca_2$  à la bande lente. UL16.6 est homozygote  $Ca_1Ca_1$ , tandis que les variétés d'*O.sativa* prises comme parents mâles sont toutes  $Ca_2Ca_2$ . Les hétérozygotes  $Ca_1Ca_2$  ont un phénotype à deux bandes . (figure 9a).

#### EST B

Ce locus correspond aux bandes les plus basses des zymogrammes des estérases. Nous distinguons également trois génotypes :  $B_1B_1$ ,  $B_1B_5$ ,  $B_5B_5$  (figure 9b).

#### EST E

Pour le locus nous observons deux bandes ( $E_1$  et  $E_2$ ) et un allèle nul ( $E_0$ ). Les différents génotypes obtenus sont :  $E_0E_0$ ,  $E_0E_1$ ,  $E_1E_2$ ,  $E_2E_2$ ,  $E_0E_2$ . Du fait de l'allèle nul, les génotypes  $E_2E_2$  et  $E_0E_2$  ne sont pas distinguables phénotypiquement (figure 9c).

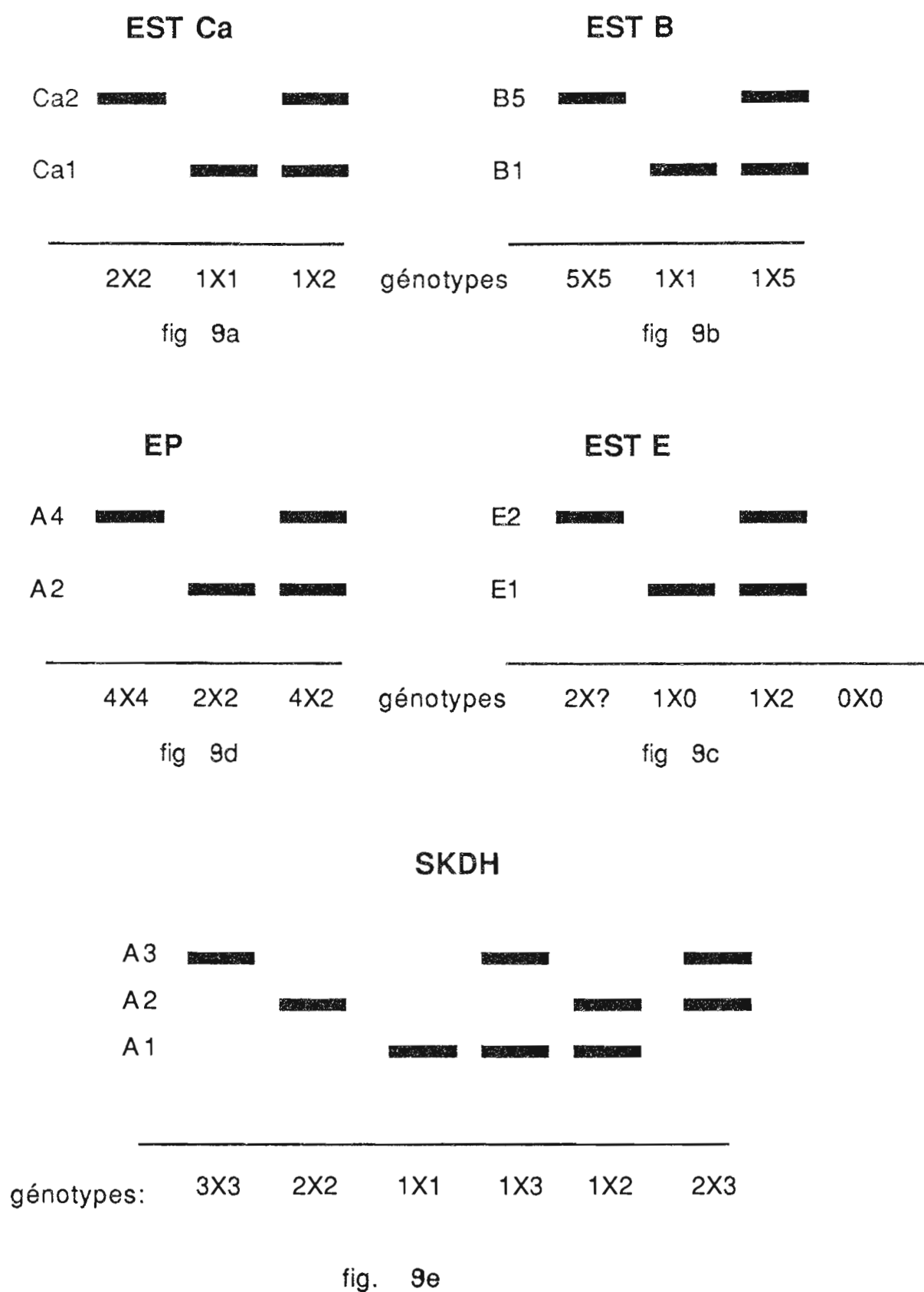
#### Endopeptidase (EP)

La bande  $A_2$  est plus lente que la bande  $A_4$ . Nous observons trois génotypes :  $A_2A_2$ ,  $A_2A_4$ ,  $A_4A_4$  (figure 9d).

#### Shikimate déshydrogénase (SKDH)

Nous observons 3 niveaux de bandes: La bande  $A_1$  correspond à la plus lente, la bande  $A_3$  à la plus rapide et la bande  $A_2$  de rapidité moyenne se situe entre les  $A_3$  et les  $A_1$ . A partir de ces différentes bandes on peut faire correspondre les six génotypes suivants :  $A_1A_1$ ,  $A_1A_2$ ,  $A_1A_3$ ,  $A_2A_2$ ,  $A_2A_3$ ,  $A_3A_3$ . (Fig 9 e).

FIG. 9: ZYMOGRAMMES OBSERVES ET GENOTYPES CORRESPONDANTS



## 2) CALCUL DES FREQUENCES ATTENDUES

Connaissant les génotypes parentaux, les fréquences génotypiques en  $G_1$  ont pu être calculées. Les fréquences permettent alors d'estimer suivant le mode de reproduction (autofécondation stricte ou intercroisement) les fréquences des génotypes attendus en  $G_2$  :

### EST Ca

Génotype des parents sative	$Ca_2Ca_2$
Génotype de UL 16.6	$Ca_1Ca_1$
Génotype des hybrides $G_1$	$Ca_1Ca_2$

Fréquences alléliques des gamètes en  $G_1$  :

$$\begin{cases} Ca_1 = 0,5 \\ Ca_2 = 0,5 \end{cases}$$

Fréquences génotypiques attendues en  $G_2$  :

$$\begin{cases} Ca_2Ca_2 = 0,25 \\ Ca_1Ca_2 = 0,5 \\ Ca_1Ca_1 = 0,25 \end{cases}$$

(quelque soit le mode de reproduction en  $G_1$ )

### EST B

Génotype des parents sative	$B_1B_1$
Génotype de UL 16.6	$B_1B_5$
Génotype des hybrides $G_1$	$\begin{cases} B_1B_1 = 0,5 \\ B_1B_5 = 0,5 \end{cases}$

Fréquences alléliques des gamètes en  $G_1$  :

$$\begin{cases} B_1 = 0,75 \\ B_5 = 0,25 \end{cases}$$

Fréquences génotypiques attendues en G2 :

-En panmixie (intercroisement total)

		♂	3/4 B <sub>1</sub>	B <sub>5</sub> 1/4	⇒ {	$\begin{aligned} B_1B_1 &= 9/16 \\ B_1B_5 &= 6/16 \\ B_5B_5 &= 1/16 \end{aligned}$
♀						
3/4 B <sub>1</sub>			B <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>5</sub>		
1/4 B <sub>5</sub>			B <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	B <sub>5</sub> B <sub>5</sub>		

-En autofécondation stricte

1/2 B<sub>1</sub>B<sub>1</sub> donne B<sub>1</sub>B<sub>1</sub>

1/2 B<sub>1</sub>B<sub>5</sub> donne 1/4 B<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, 1/2 B<sub>1</sub>B<sub>5</sub>, 1/4 B<sub>5</sub>B<sub>5</sub>

On attend donc :

$$\begin{cases} B_1B_1 = 1/2 + 1/8 = 5/8 \\ B_1B_5 = 2/8 \\ B_5B_5 = 1/8 \end{cases}$$

Endopeptidase (EP)

Génotype des parents sativa : A<sub>4</sub>A<sub>4</sub>

Génotype de UL16.6: A<sub>2</sub>A<sub>4</sub>

Génotype des hybrides G<sub>1</sub> { 
$$\begin{aligned} A_2A_4 &= 0,5 \\ A_4A_4 &= 0,5 \end{aligned}$$

Fréquences alléliques des gamètes en G1 { 
$$\begin{aligned} A_4 &= 0,75 \\ A_2 &= 0,25 \end{aligned}$$

Par des calculs analogues aux précédents on obtient en G2 les fréquences génotypiques suivantes :

En panmixie

$$A_4A_4 = 9/16$$

$$A_2A_4 = 6/16$$

$$A_2A_2 = 1/16$$

En autofécondation

$$A_4A_4 = 5/8$$

$$A_2A_4 = 2/8$$

$$A_2A_2 = 1/8$$

Shikimate déshydrogénase (SKDH)

Génotype des parents sativa :  $A_3A_3$

Génotype de UL 16.6:  $A_1A_2$

Génotype des hybrides G1  $\left\{ \begin{array}{l} A_1A_3 = 0,5 \\ A_2A_3 = 0,5 \end{array} \right.$

Fréquences alléliques des gamètes en G1:  $A_1 = 0,25$

$$A_2 = 0,25$$

$$A_3 = 0,50$$

Fréquences génotypiques en G<sub>2</sub>

En panmixie

♀ \ ♂	1/4 $A_1$	1/4 $A_2$	1/2 $A_3$
1/4 $A_1$	$A_1A_1$	$A_1A_2$	$A_1A_3$
1/4 $A_2$	$A_1A_2$	$A_2A_2$	$A_2A_3$
1/2 $A_3$	$A_1A_3$	$A_2A_3$	$A_3A_3$

soit

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1A_1 = 1/16 \\ A_1A_2 = 2/16 \\ A_1A_3 = 4/16 \\ A_2A_2 = 1/16 \\ A_2A_3 = 4/16 \\ A_3A_3 = 4/16 \end{array} \right.$$

	<u>En autofécondation</u>	
	1/4 $A_1A_1$	{ $A_1A_1 = 1/8$ $A_1A_2 = 0$ $A_1A_3 = 2/8$
(0,5) $A_1A_3$ donne	1/2 $A_1A_3$	
	1/4 $A_3A_3$	
	d'où les fréquences:	
	1/4 $A_2A_2$	{ $A_2A_2 = 1/8$ $A_2A_3 = 2/8$ $A_3A_3 = 2/8$
(0,5) $A_2A_3$ donne	1/2 $A_2A_3$	
	1/4 $A_3A_3$	

### Estérase E (EST E)

Génotype des parents sativa :  $E_{00}$ : 5 parents sur 10 ( $P_2 P_4 P_6 P_8 P_1$ )  
 $E_{11}$ : 5 parents sur 10 ( $P_5 P_3 P_9 P_0 P_7$ )

Génotype de UL.16.6:  $E_2E_0$

Génotype des hybrides  $G_1$  de la famille 2 ou 4 :  $E_0E_0$  0,5  
 $E_2E_0$  0,5

fréquences génotypiques

dans la population  $G_1$  totale :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_0E_0 \quad 1/4 \\ E_2E_0 \quad 1/4 \\ E_0E_1 \quad 1/4 \\ E_1E_2 \quad 1/4 \end{array} \right.$$

Descendance des familles 2 et 4 en  $G_2$ :

En autofécondation stricte.

1/2  $E_0E_0$  donne  $E_0E_0$

1/2  $E_2E_0$  donne  $E_0E_0$  (1/4);  $E_2E_0$  (1/2);  $E_2E_2$  (1/4)

Les fréquences génotypique attendues sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_0E_0 = 1/2 + 1/8 = 5/8 \\ E_2E_0 = 2/8 \\ E_2E_2 = 1/8 \end{array} \right\} (E_2) = 3/8$$

En intercroisement

Les gamètes femelles restent  $E_0$  (3/4)

ou  $E_2$  (1/4)

Les gamètes mâles de la population ont pour fréquences :

$$E_0 = 1/4 + 1/8 + 1/8 = 1/2$$

$$E_1 = 2/8 = 1/4$$

$$E_2 = 1/4$$

d'où :

♀	♂	1/2 $E_0$	1/4 $E_1$	1/4 $E_2$
3/4 $E_0$		$E_0E_0$	$E_0E_1$	$E_0E_2$
1/4 $E_2$		$E_0E_2$	$E_1E_2$	$E_2E_2$

soit les fréquences suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} E_0E_0 = 3/8 \\ E_0E_1 = 3/16 \\ E_1E_2 = 1/16 \\ E_0E_2 = 1/8 + 3/16 \\ E_2E_2 = 1/16 \end{array} \right\} (E_2) = 3/8$$



### 3. COMPARAISON DES EFFECTIFS OBSERVES AUX EFFECTIFS ATTENDUS

#### 3.1. Fréquences alléliques

Dans un premier temps, nous testons les fréquences alléliques observées par rapport aux fréquences attendues (estimées suivant les fréquences alléliques dans la population de départ). Les résultats sont résumés dans le tableau 12.

Nous ne mettons en évidence aucune différence significative pour les loci EST Ca, EST B, SKDH.

Pour les EP, l'excès d'allèle  $A_4$  est significatif (la fréquence observée est de 85% au lieu de 75%). L'allèle  $A_2$ , ne représente plus que 15% au lieu de 25%.

Pour les EST E, ne pouvant distinguer les génotypes  $E_2E_0$  de  $E_2E_2$ , nous ne pouvons estimer les fréquences alléliques sans émettre d'hypothèse quant au mode de reproduction en  $G_1$ . Nous nous limiterons donc à tester les fréquences génotypiques.

#### 3.2. Fréquences génotypiques

Afin d'estimer l'importance des intercroisements en  $G_1$ , les fréquences génotypiques sont comparées aux fréquences attendues en supposant deux cas :

- Autofécondation stricte : ( $\alpha = 1$ , avec  $\alpha$  correspondant au taux d'autofécondation) : les plantes en  $G_1$  se sont uniquement autofécondées

- ou panmixie ( $\alpha = 0$  : association au hasard des gamètes)

Nous testons ces deux modèles sans oublier que la situation réelle est certainement intermédiaire.

Pour cette raison, lorsque les fréquences observées semblent intermédiaires, nous comparons ces fréquences à celles attendues dans le cas  $\alpha = 0,5$  où 50% des hybrides sont issus d'autofécondation et 50% issus d'intercroisement.

Les résultats sont présentés dans le tableau 13.

ENZYMES	locus	eff. observés	% attendus	eff. attendus	$\chi^2$
EST Ca	CA 1	47.5	0.5	45.5	0.27 NS
	Ca 2	43.5	0.5	45.5	
EST B	B 1	54	0.75	58.5	1.38 NS
	B 5	24	0.25	49.5	
SKDH	A 1	15	0.25	22	3 NS
	A 2	25	0.25	22	
	A 3	48	0.5	44	
EP	A 2	13.5	0.25	23	5.23 NS
	A 4	78.5	0.75	69	

TAB 12: test d'ajustement des fréquences alléliques observés aux fréquences attendues  
seuils de significations

1dl,  $\alpha=5\%$ :  $\chi^2 = 3.84 (*)$   
 $\alpha=1\%$ :  $\chi^2 = 6.63 (**)$   
 2dl,  $\alpha=5\%$ :  $\chi^2 = 5.99 (*)$   
 $\alpha=1\%$ :  $\chi^2 = 9.21 (**)$

ENZYMES	génotypes	eff. observés	eff. attendus		$\chi^2$	
			AUTOFEC.	PANMIXIE	AUTOFEC.	PANMIXIE
EST Ca	Ca1 Ca1	31	22,75	22,75	7,21 *	7,21 *
	Ca1 Ca2	33	45,5	45,5		
	Ca2 Ca2	27	22,75	22,75		
EST B	B1 B1	37	48,75	43,87	14,4 **	2,77 NS
	B1 B5	34	19,5	29,25		
	B5 B5	7	9,75	4,87		
SKDH	A1 A1	1	11	5,5	***	8,22 NS
	A1 A2	7	0	11		
	A1 A3	21	22	22		
	A2 A2	9	11	5,5		
	A2 A3	25	22	22		
	A3 A3	25	22	22		
EP	A4 A4	68	57,5	51,75	8,37 *	11,7 **
	A2 A4	21	23	34,5		
	A2 A2	3	11,5	5,75		
EST	(E0)	32	41,87	25,1	***	7,9 *
	(E2)	16	25,12	25,1		
	(E1 E2)	2	0	4,2		
	(E1)	17	0	12,6		

TAB 13: test d'ajustement des fréquences génotypiques observées aux fréquences attendues  
seuils de significations

2dl,  $\alpha=5\%$ :  $\chi^2 = 5.99$   
 $\alpha=1\%$ :  $\chi^2 = 9.21$   
 3dl,  $\alpha=5\%$ :  $\chi^2 = 7.81$   
 $\alpha=1\%$ :  $\chi^2 = 11.3$   
 5dl,  $\alpha=5\%$ :  $\chi^2 = 11.1$   
 $\alpha=1\%$ :  $\chi^2 = 15.1$

#### ESTCa

Pour les EST Ca, les fréquences génotypiques attendues sont constantes quel que soit le mode de reproduction en G1. Les effectifs observés sont significativement différents de ceux attendus et présentent un excès de formes homozygotes.

#### ESTB

Dans le cas du locus ESTB, les effectifs observés sont significativement différents de ceux attendus en autofécondation, mais par contre ils ne diffèrent pas des effectifs correspondant à la panmixie. Le calcul montre cependant que l'hypothèse d'un taux  $\alpha = 0,5$  n'est pas rejetée ( $\chi^2 = 5,92$  NS), bien que cette valeur soit proche du seuil de rejet.

#### SKDH

Pour ce locus, l'hypothèse d'égalité des fréquences est rejetée en autofécondation du fait de l'existence d'un génotype qui ne peut pas apparaître en autofécondation stricte. (SKDH :  $A_1 A_2$ ).

L'hypothèse de panmixie, par contre est acceptée.

Les effectifs attendus dans le cas  $\alpha = 0,5$  ont été calculés et testés par rapport aux effectifs observés :  $\chi^2 = 7,66$  NS : l'hypothèse est donc acceptée.

#### ESTE

Ici aussi, l'existence des génotypes  $E_1 E_2$  et  $E_1 E_0$  permettent de rejeter le modèle "autofécondation stricte"; l'hypothèse de panmixie est également rejetée. Nous observons un excès de phénotype ( $E_1$ ) (génotype  $E_1 E_0$ ) et un défaut en phénotype ( $E_2$ ) (génotype  $E_2 E_2$  ou  $E_0 E_2$ ) par rapport aux effectifs attendus. Les autres génotypes ont des effectifs intermédiaires entre les valeurs attendues en autofécondation et en panmixie.

EP

Pour les EP, nous estimons les nouvelles fréquences génotypiques attendues en tenant compte des distorsions observées au niveau des fréquences alléliques;

fréquence ( $A_4$ ) = 0,85

fréquence ( $A_2$ ) = 0,15

	<u>Panmixie</u>	<u><math>\alpha = 0,5</math></u>	<u>Autofécondation</u>
	eff. attendu	eff. attendu	eff. attendu
$A_4A_4$	66.2	68.78	71.3
$A_2A_4$	23.4	18.63	13.8
$A_2A_2$	24.02	4.46	6.9
$\chi^2 =$	0.74 NS	$\chi^2 = 0.78$ NS	$\chi^2 = 6.4^*$

Le test rejette le modèle "autofécondation stricte" mais accepte les modèles panmixie et  $\alpha = 0,5$ .

## VI. DISCUSSION

### A. DIVERSITE MORPHOLOGIQUE DES HYBRIDES

#### 1. COMPARAISON DES HYBRIDES AUX PARENTS

L'absence des variétés *O.sativa* parentales dans l'essai ne permet pas une comparaison statistique entre parents et hybrides. Les valeurs des parents obtenues lors de l'essai précédent sont toutefois prises comme référence.

Le tableau 14 présente, pour les caractères quantitatifs étudiés, la place de la moyenne des hybrides par rapport à celle des 2 parents.

Pour la plupart des variables, la moyenne des hybrides se situe entre celles des 2 parents. Seules les caractères paniculaires LOPA, RAP, RAS, DENS présentent des moyennes inférieures à celles des 2 parents.

Cependant, lorsque les résultats sont observés individuellement, on peut trouver des hybrides meilleurs que les parents pour chaque caractère.

Le niveau de fertilité pollinique est, par exemple, globalement faible, mais 5 plantes sur 80 ont une fertilité pollinique supérieure à 85%, niveau équivalent à celui des variétés cultivées.

Enfin, on constate que les hybrides sont encore très marqués par certains caractères hérités du parent sauvage (la majorité des plantes restent très égrénantes et ont les panicules dressées à maturité,...).

#### 2. COMPARAISON ENTRE FAMILLES

Les 2 variétés (IAC164 et BS182) dont nous observons les descendants différent par un certain nombre de caractère dont les plus marqués sont :

- l'aristation (BS182 est aristée tandis que IAC164 ne l'est pas)
- la forme du grain (BS182 a des grains larges et courts; ceux de IAC164 sont longs et plutôt fins)
- la largeur de la feuille paniculaire (plus fines chez IAC164)
- le nombre de panicules émises en 1 mois (plus important chez BS182)

Chez les hybrides, nous retrouvons les différences observées entre les 2 parents pour ces caractères.

VARIABLES	FAMILLE 2	FAMILLE4
LOET	$P_i < G2 < UL16.6$	$P_i < G2 < UL16.6$
LOST	$P_i < G2 < UL16.6$	$P_i < G2 < UL16.6$
LOEP	$UL16.6 < G2 < P2$	$P4 < G2 = UL16.6$
LAEP	$UL16.6 < G2 < P_i$	$UL16.6 < G2 < P_i$
LOPA	$G2 < P_i < UL16.6$	$G2 < P_i < UL16.6$
RAP	$G2 < UL16.6 < P2$	$G2 < P4 < UL16.6$
RAS	$G2 < UL16.6 < P2$	$G2 < P4 < UL16.6$
DENS	$G2 < UL16.6 = P2$	$P4 < G2 < UL16.6$
COPA	$UL16.6 < G2 < P2$	$UL16.6 < G2 < P4$
HAUT	$G2 < P_i < UL16.6$	$G2 < P_i < UL16.6$
NMPA	$UL16.6 < G2 < P_i$	$UL16.6 < G2 < P_i$
LOFP	$UL16.6 < G2 < P_i$	$UL16.6 < G2 < P_i$
LAFP	$UL16.6 < G2 < P_i$	$UL16.6 < G2 < P_i$

tab. 14 : classement des valeurs moyennes observées (G2) pour différents caractères par rapport aux valeurs des parents ( $P_i$  et UL16.6)

Par contre, on ne retrouve aucune différence au niveau des caractères paniculaires, alors que les panicules d'IAC164 présentaient plus de ramification et étaient plus denses et plus compactes que celles de BS182.

### 3. DIVERSITE GLOBALE

Par la création de back cross interspécifique, nous avons confronté les génomes de 2 espèces : *O.longistaminata* et *O.sativa* et au sein de l'espèce cultivée les 2 types indica et japonica.

L'un des objectifs de cette étude est de juger les recombinaisons entre ces génomes.

L'existence de recombinaisons est mise en évidence par la structure de la diversité observée.

- Les distributions des caractères quantitatifs sont normales.

Nous n'observons apparemment pas de retour vers les formes parentales.

Certaines associations entre caractères ont été rompues (longueur des organes reproducteurs, forme des épillets,...) et permettent d'observer de nouveaux types.

Par contre d'autres résultats semblent indiquer une limitation des recombinaisons :

- Certaines liaisons sont maintenues (fortes corrélations entre les principaux caractères paniculaires,...)

-Par ailleurs, l'observation des moyennes de différents caractères quantitatifs en regroupant les plantes suivant la réaction au phénol de leurs glumelles (tableau 15) montre une différence de comportement entre les 2 groupes, les plantes PHE (-) paraissant globalement plus vigoureuses (tant au niveau de leur structure paniculaire que du format de la feuille paniculaire ou de la hauteur) et possédant des épillets en moyenne plus larges que les plantes

PHE (+).

VARIABLES	PHE (-)	PHE (+)
RAP	12	10,3
RAS	31,3	26,8
NIE	182	160
LOPA	25,5	23,8
DENS	2,61	2,57
COPA	0,47	0,43
LAEP	2,9	2,66
LOEP	8,38	8,33
HAUT	80	74,5
NMPA	18,9	18,9
LOFP	37,4	34,4
LAFP	1,8	1,6

Tab. 15: Moyennes observées pour différents caractères en regroupant les individus suivant leur réaction au phénol

ENZYMES	fréquences	fréquences génotypiques		
	alléliques	$\alpha=1$	$\alpha=0,5$	$\alpha=0$
EST Ca	NS	*	*	*
		excès d'homozygotes		
EST B	NS	* *	NS	NS
SKDH	NS	* *	NS	NS
EP	*	*	NS	NS
		(avec les nouvelles fréquences alléliques)		
EST	?	* *	* *	*
				excès de E1

Tab. 16: RECAPITULATION DES RESULTATS OBTENUS PAR ELECTROPHORESE

NS: hypothèse acceptée

\* : hypothèse rejetée au seuil 5%

\*\* : hypothèse rejetée au seuil 1%

( $\alpha=1$ : autofécondation;  $\alpha=0$  : panmixie;  $\alpha=0,5$  : situation intermédiaire)



#### 4. PERSPECTIVES

Limitée à 2 mois, la durée de notre stage ne nous pas permis d'approfondir pleinement l'analyse des résultats.

Il semble qu'en approfondissant cette analyse nous pourrions mieux juger l'efficacité des recombinaisons entre les 2 sous-espèces d'*O.sativa*.

Nous avons déjà observé une tendance à l'association phénol (-) et vigueur globale des plantes. La recherche de caractères liés à la réaction au phénol, qui est un des caractères discriminant les types indica et japonica semble intéressante. Cette étude pourrait également s'étendre à d'autres caractères discriminants les 2 types (forme des grains, des feuilles, ...).

Enfin la prise en compte simultanée de toutes les variables dans une analyse multivariée pourrait également se révéler riche en informations.

#### B. DIVERSITE ENZYMATIQUE

Les résultats sont récapitulés dans le tableau 16. L'analyse nous a permis de mettre évidence certains phénomènes de distorsions et de montrer l'existence d'un taux d'intercroisement non négligeable en  $G_1$ .

##### 1. DISTORSIONS AU NIVEAU DES FREQUENCES ALLELIQUES

L'allèle  $A_2$  des EP est un allèle caractéristique d'*O.longistaminata*. Il n'apparaît plus que dans 15% des cas, par rapport aux 25% attendus.

Cette dérive peut être due à plusieurs phénomènes :

- sélection gamétique au niveau de UL16.6 (les gamètes portant l'allèle  $A_2$  seraient défavorisés par rapport aux gamètes  $A_4$ )
- sélection au stade sporophytique des hybrides  $G_1$  ou  $G_2$ . (faiblesse des hybrides portant l'allèle  $A_2$ , ou taux de germination différents,...)

Lors de l'étude électrophorétique des hybrides  $G_1$ , aucune distorsion n'avait été observé pour ce locus. Il s'agit donc plus probablement de sélection sporophytique, celle-ci pouvant s'exprimer à différents niveaux. Une étude plus fine serait nécessaire pour dégager les raisons exactes de cette dérive.

## 2. DISTORSIONS AU NIVEAU DES FREQUENCES GENOTYPIQUES

Les EST Ca présentent un excès de formes homozygotes (indépendamment du mode de reproduction en  $G_1$ )

Ici encore, des phénomènes de sélection sont mis en évidence, l'association préférentielle de certains allèles traduisant une limite aux recombinaisons entre génomes.

Le cas des EST E paraît plus complexe.

Nous ne pouvons tester les fréquences alléliques sans émettre d'hypothèses relatives au mode de reproduction, mais nous observons un net excès du phénotype ( $E_1$ ) et un défaut du phénotype ( $E_2$ ).

Plusieurs phénomènes peuvent en être responsables.

- Appariement non aléatoire des gamètes de *O.sativa* et de UL16.6 : UL16.6 a pour génotype  $EST.E_2E_0$ ; la moitié des variétés de

*O.sativa* sont  $E_1E_1$ , l'autre moitié est  $E_0E_0$ . Il se peut que les gamètes portant l'allèle  $E_0$  s'apparient préférentiellement avec les gamètes portant le même allèle.

- En  $G_1$ , 4 génotypes sont présents :  $E_0E_0$ ,  $E_1E_0$ ,  $E_2E_0$ ,  $E_1E_2$ . Si leur fertilité polliniques sont différentes, ils n'interviendront pas avec les fréquences attendues dans le nuage pollinique. Les fréquences observées s'en trouveront biaisées.

- Sélection zygotique en  $G_2$ , favorisant le génotype  $E_1E_0$ . Ceci peut se produire à différentes étapes du cycle de la plante, au stade de la germination ou au stade végétatif : un certain nombre de plantes sont apparues faibles, ne tallant pas et ayant une croissance très ralentie. Ces plantes ne sont pas intervenues dans notre échantillon.

Si un ou plusieurs gènes responsables de cette faiblesse sont liés à l'allèle  $E_2$ , les ratios apparaîtront changés.

### 3. TAUX D'INTERCROISEMENT

Nous avons testé l'ajustement des fréquences génotypiques aux fréquences attendues dans 3 cas : autofécondation stricte, situation intermédiaire (50% d'intercroisement) et panmixie (association aléatoire des gamètes).

Pour les 3 locus ne présentant pas de distorsion au niveau de leurs fréquences génotypiques (EST B, SKDH, EP), l'hypothèse "autofécondation stricte" est rejetée tandis que les 2 autres hypothèses sont acceptées.

Ce résultat montre qu'un taux non négligeable d'intercroisement a eu lieu au cours de la génération précédente.

L'estimation du taux moyen d'autofécondation devra prendre en compte l'ensemble des données.

## CONCLUSION

*O.sativa* est une espèce strictement autogame: son taux d'allopollinisation est généralement inférieur à 5% (TAILLEBOIS, 1983). Pour cette raison, les intercroisements entre variétés représentent un travail fastidieux.

Par ailleurs, on constate fréquemment une limitation des recombinaisons chez les descendants d'hybrides entre types Indica et Japonica. (PERNES, 1984).

L'objectif du programme dans lequel s'insère notre travail est d'utiliser l'espèce sauvage allogame *O.longistaminata* comme relais entre les types Indica et Japonica.

En pratique, cela consiste, à suivre le devenir d'une population comprenant 10 familles d'hybrides (*O.longistaminata* x *O.sativa* "Indica") x *O.sativa* "japonica", laissés en fécondation libre, en favorisant au maximum les recombinaisons.

Notre étude a permis de mettre en évidence quelques résultats :

- Les plantes observées présentent une grande diversité morphologique. En moyenne, les hybrides ont une position intermédiaire entre les variétés parentales et la plante obake, sauf en ce qui concerne la structure paniculaire (les panicules sont plus courtes et moins ramifiées que les parents).

Néanmoins certains individus présentent des structures paniculaires améliorées par rapport aux variétés d'*O.sativa*.

La fertilité est globalement faible, mais certaines plantes ont une fertilité pollinique identique à celle des variétés cultivées.

Il semble donc possible d'obtenir dans les générations ultérieures des plantes agronomiquement intéressantes, ayant introgressé des gènes d'*O.longistaminata*.

- L'analyse électrophorétique a montré qu'un taux élevé d'intercroisement avait eu lieu au cours de la première génération.

Ces intercroisements favorisent non seulement les recombinaisons entre génomes, mais également entre familles d'hybrides.

- Enfin, des distorsions de ségrégation, observées au niveau des marqueurs enzymatiques traduisent l'existence de phénomènes sélectifs limitant les recombinaisons.

Une étude portant sur un plus grand nombre d'individus et sur l'ensemble des familles permettra d'approfondir ces résultats.

## BIBLIOGRAPHIE

- HAMON S., 1984.  
Bilan des prospections: Café, Gombo, Mil, Panicum,  
Riz.  
Communication présentée à Ouagadougou le 21, 22  
octobre 1984,  
Document ORSTOM, Abidjan.
- JACQUOT M., et COURTOIS B., 1983.  
Le Riz Pluvial, 134 p.  
Maisonneuve et Larose.
- OKA I., 1974 .  
Experimental studies on the origin of cultivated rice  
Genetics 78 : 475-486.  
(Cité par PERNES, 1984)
- PERNES J., 1984.  
Gestion des ressources génétiques des plantes :  
Tome 1 et 2. Agence de Coopération culturelle et  
technique.
- ROBIN M.H., 1986.  
Relations entre *O.longistaminata* et les riz  
cultivés à travers l'étude d'un essaim d'hybrides  
naturels.  
Rapport de stage, ORSTOM, ABIDJAN
- SECOND G., 1985. Relations évolutives chez le genre *Oryza* et  
processus de domestication du riz.  
Thèse d'Etat, Université Paris-Sud, Orsay.
- SECOND G. et TROUSLOT P., 1980.  
Electrophorèse d'enzymes de riz  
(*ORYZA* Sp).  
Travaux et Documents n° 120, 88 p. ORSTOM Paris.
- SWAMINATHAN M., 1984.  
Le riz;  
pour la Science.P. 24-35.
- TAILLEBOIS J., 1983.  
Transfert de l'allogamie de *O.longistaminata* à  
*O.sativa*.  
Thèse de Docteur ingénieur Rennes.

# ANNEXE 1: DESCRIPTION DES GENITEURS

## ORIGINE

num.	variétés	origine	type	type de culture
0	MOROBEREKAN	Rép. Cote d'Ivoire	japonica hybride	variété traditionnelle vulgarisée en R.C.I.
1	IGUAPE CATETO	Brésil	japonica hybride	variété traditionnelle vulgarisée en R.C.I.
2	IAC 164	Brésil	japonica hybride	variété améliorée
3	YS 252	Guinée Conakry	japonica hybride	riz de bas fond, culture pluviale
4	BS 182	Guinée Bissau	japonica hybride	culture pluviale
5	BS 145	Guinée Bissau	intermédiaire	culture pluviale
6	ES 83	Tanzanie (Pemba)	japonica parental	culture pluviale
7	YS 309	Guinée Conakry	intermédiaire	sol hydromorphe
8	ES 70,6	Tanzanie (Pemba)	japonica parental	sol hydromorphe
9	YS 45	Guinée Conakry	intermédiaire	culture pluviale
	UL 16.6	Cameroun (Nord)	hybride interspécifique	adventice

## ZYMOGRAMMES

NUM.	VARIETES	EST	EST	EST	LAP	PGD	CAT	SKDH	EP	pheno
		Ca	B	E	E	A	A	A	A	
0	MOROBEREKAN	2	1	1	1	1	2	3	4	-
1	IGUAPE CATETO	2	1	0	1	1	1	3	4	-
2	IAC 164	2	1	0	1	1	1	3	4	-
3	YS 252	2	1	1	1	1	2	3	4	-
4	BS 182	2	1	0	1	1	1	3	4	-
5	BS 145	2	1	1	1	3	1	3	4	-
6	ES 83	2	1	0	1	1	2	3	4	-
7	YS 309	2	1	1	2	3	1	3	4	+
8	ES 70.6	2	1	0	1	1	2	3	4	-
9	YS 45.1	2	1	1	1	3	1	3	4	-
	UL 16.6	1	1X5	2X0	1X5	1X2	1	1X2	2X4	+

## CARACTERES PANICULAIRES

num.	variétés	EXE	LOPA	RAP	RAS	COPA	DENS	NMPA	PORT	ARIS
0	MOROBEREKAN	4,55	30,30	14,70	39,10	0,49	2,63	13,00	1	0
1	IGUAPE CATETO	2,40	24,10	14,60	27,20	0,61	1,85	16,60	1	0
2	IAC 164	5,08	27,10	13,50	42,40	0,5	3,13	16,40	1	0
3	YS 252	2,78	29,20	14,30	36,50	0,49	2,38	14,20	1	0
4	BS 182	3,25	26,40	11,40	28,80	0,43	2,50	29,60	1	2
5	BS 145	5,02	27,10	12,70	32,10	0,47	2,50	28,90	1	0
6	ES 83	7,38	25,50	15,50	33,90	0,61	2,17	24,10	1	0
7	YS 309	3,85	26,40	8,80	22,90	0,33	2,56	89,80	2	0
8	ES 70,6	7,35	29,30	12,80	42,50	0,44	3,23	22,90	1	0
9	YS 45	7,07	27,30	12,10	25,30	0,44	2,08	23,70	1	0
	UL 16.6	8,90	36,90	11,80	36,70	0,32	3,13	8,10	2	2

(données recueillies au cours du 1<sup>er</sup> essai par M. CAUSSE)

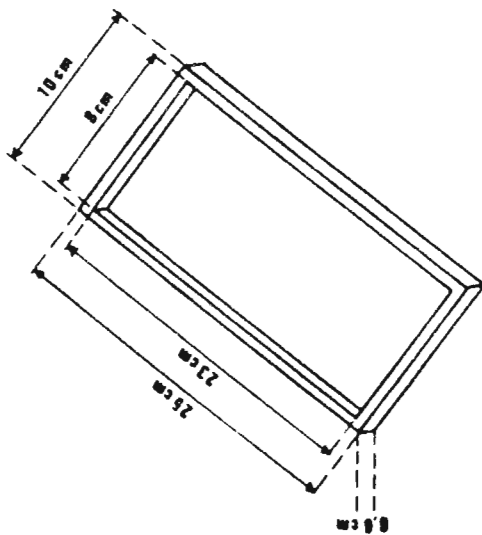
## ANNEXE 2 : CARACTERES ETUDIES

abréviation	caractère	type
HAUT	hauteur à l'épiaison	QN
PORT	port de la plante	Q
LOFP	longueur de la feuille paniculaire	QN
LAFP	largeur de la feuille paniculaire	QN
ARIS	aristation	Q
LOET	longueur des anthères	QN
LOST	longueur des stigmates	QN
LOEP	longueur des épillets	QN
LAEP	largeur des épillets	QN
FPOL	fertilité pollinique	QN
EXST	exertion des stigmates	Q
PPMA	port des panicules à maturité	Q
OUPA	ouverture des panicules à maturité	Q
NMPA	nombre de panicules émises en 4 semaines	QN
NGR	nombre de grains récoltés en 4 semaines	QN
EXE	exertion paniculaire	QN
LOPA	longueur de la panicule	QN
RAP	nombre de ramifications primaires	QN
RAS	nombre de ramifications secondaires	QN
NIE	nombre d'insertions d'épillets	QN
DENS	densité paniculaire (RAS/RAP)	QN (TR)
COPA	compacité paniculaire (RAP/LOPA)	QN (TR)
LLEP	forme des épillets (LOEP/LAEP)	QN (TR)
LLFP	surface de la feuille paniculaire (LOFP*LAFP)	QN (TR)
FOFP	forme de la feuille paniculaire (LOFP/LAFP)	QN (TR)
PHE	réaction des glumelles au phénol	Q

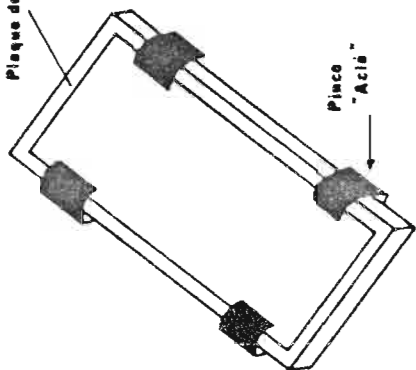
QN : variable quantitative

Q : variable qualitative

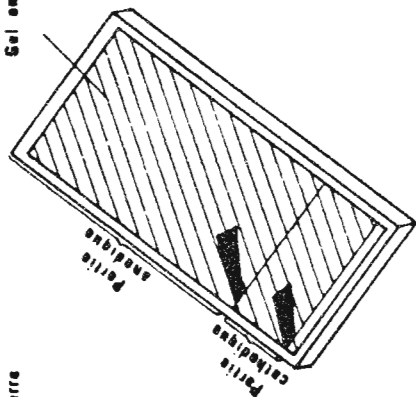
TR : variable transformée



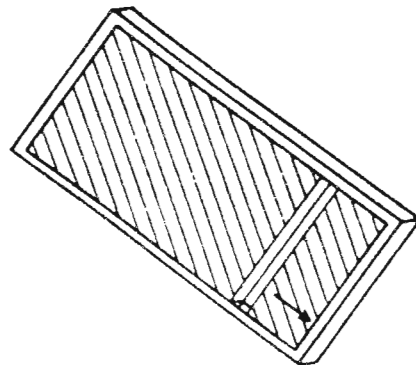
a



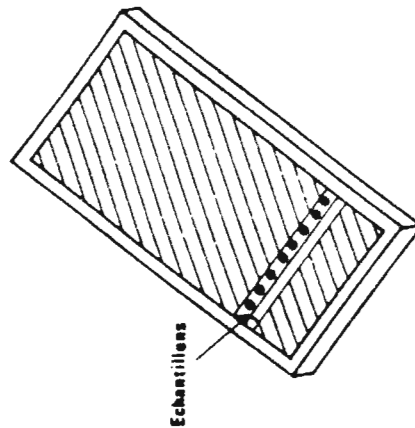
b



c

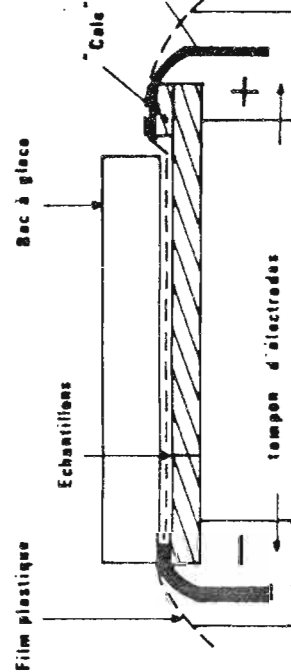
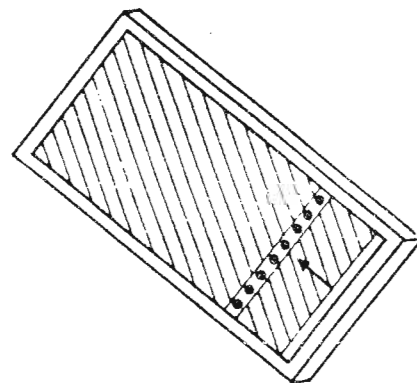


d



Echantillons

f



g

ANNEXE 3: préparation des gels d'amidon pour l'électrophorèse  
a ; Moulage en plastique. b ; Gel durant le refroidissement. c et d ; Préparation de la plaque pour l'insertion des échantillons.  
e et f ; Insertion des échantillons. g ; Coupe longitudinale de la plaque pour la migration.



# ANNEXE 4: TABLEAU GLOBAL DES RESULTATS

VARIABLES	TOTALITE DES INDIVIDUS				FAMILLE 2		FAMILLE 4		t obs
	m	s	min	max	m	s	m	s	
LOET	2,7	0,41	1,7	3,6	2,8	0,46	2,63	0,33	NS
LOST	1,2	0,31	0,6	2,1	1,24	0,32	1,19	0,3	NS
FPOL	39,1	26,6	0	95,6	39,76	26,5	38,5	26,6	NS
LOEP	8,3	0,81	6,5	11	8,5	0,85	8,21	0,74	NS
LAEP	2,7	0,32	2,1	3,4	2,7	0,27	2,81	0,35	NS
LLEP	3,06	0,43	1,99	4,08	3,17	0,41	2,96	0,42	2,23*
NMPA	18,96	12,26	3	55	15,97	10,1	21,95	13,45	2,22*
NGR	65,4	71,7	0	328	62,9	68,5	67,9	74,8	NS
HAUT	76,7	16,8	44	126	71,7	15,9	81,65	16,2	2,73**
LOFP	35,6	10	15,5	61	37,64	11,37	33,5	7,97	NS
LAFP	1,68	0,37	1	2,5	1,57	0,37	1,8	0,34	2,87**
LLFP	61,8	27	18	147,5	62,23	31,5	61,4	21,7	NS
EXE	5	4,2	0	17	5,8	4,28	4,3	4,1	NS
LOPA	24,5	3,8	13	33	24,8	4,24	24,1	3,25	NS
RAP	11	2,41	6	18	10,8	2,5	11,1	2,3	NS
RAS	28,6	11,26	10	62	28,8	12,1	28,3	10,31	NS
NIE	169	56	72	324	170,7	57,8	166,7	53,9	NS
DENS	2,6	0,8	0,93	4,5	2,65	0,93	2,53	0,73	NS
COPA	0,45	0,07	0,28	0,72	0,44	0,08	0,46	0,07	NS

moyennes (m), écarts-types (s), valeurs extrêmes  
(min, max)observées, test t de comparaison des moyennes

VARIABLES	Echantillon total				FAMILLE 2				FAMILLE 4				$\chi^2$
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
PHE	32	48			16	24			16	24			0 NS
OUPA	35	24	21		10	17	13		25	7	8		11,8 **
PPMA		73	7			37	3			36	4		0 NS
PORT		42	35	3		23	14	3		19	21	0	4,78 NS
ARIS	27	31	22		20	11	9		7	20	13		9,6 **
EXST	31	24	25		16	12	12		15	12	13		0,07 NS

VARIABLES QUALITATIVES: effectifs observés dans chaque classe  
test  $\chi^2$  de comparaison entre familles